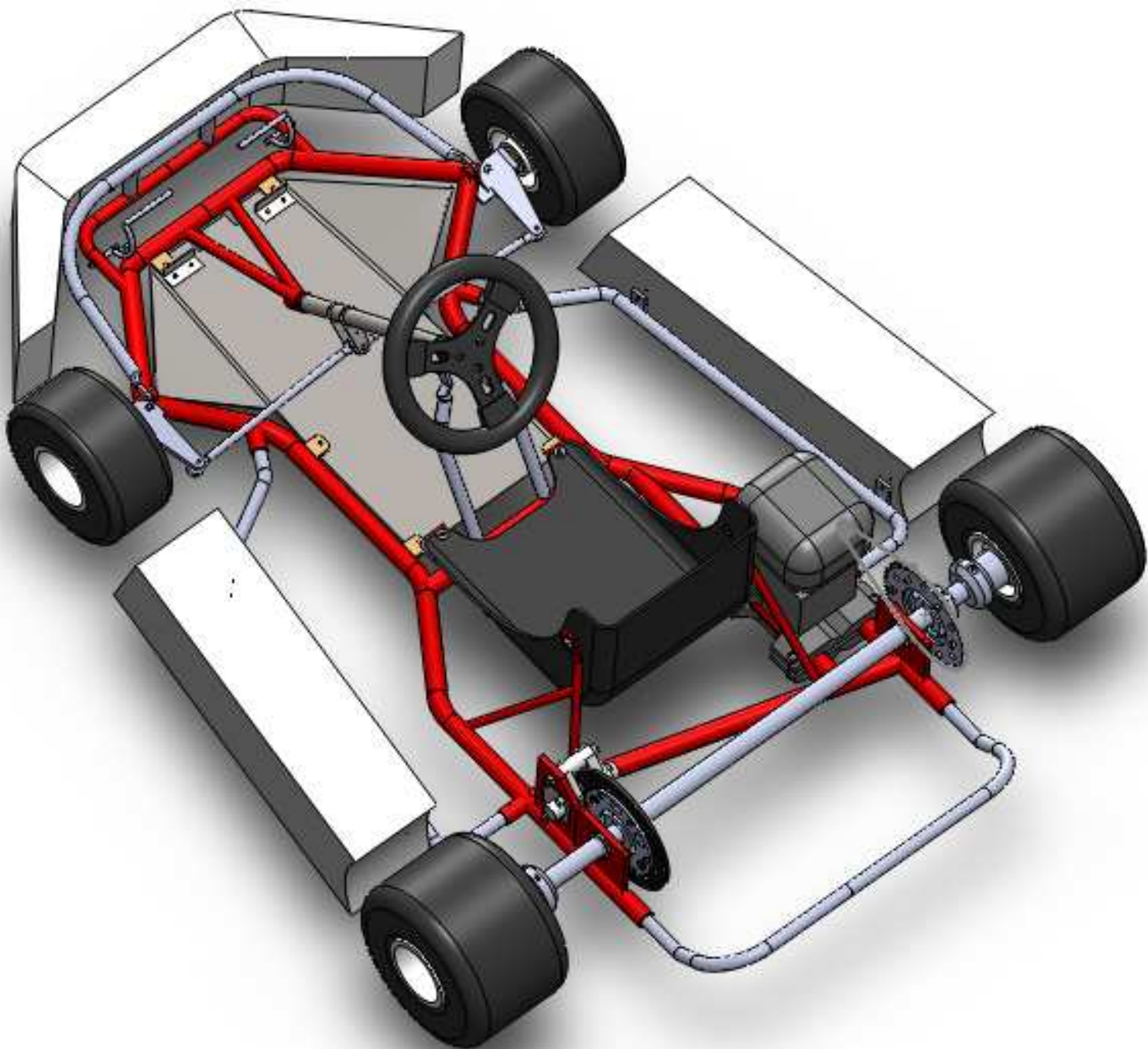


ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



FRANCISCO SALAZAR GONZÁLEZ

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

1. INDICE GENERAL

1.	INDICE GENERAL	2
2.	INTRODUCCIÓN – OBJETIVO	4
3.	DEFINICION DE UN KART	5
3.1	Definición de Kart	5
3.2	Historia del Karting	5
4.	COMPONENTES.....	8
4.1	Chasis	9
4.2	Ruedas.....	15
4.3	Motor	23
4.4	Sistema de dirección	30
4.5	Cadena de transmisión	41
5.	ANÁLISIS DE COMPONENTES.....	48
5.1	Dirección	48
5.2	Frenos	53
5.3	Suspensión.....	59
5.4	Prestaciones.....	61
5.4.1	Cálculo de velocidad máxima en llano.....	63
5.4.2	Cálculo de aceleración máxima en llano	67
5.4.3	Cálculo de la pendiente máxima superable	74
5.5	Chasis	77
5.5.1	Estudio de rigidez a torsión.....	83
5.5.2	Estudio de rigidez a flexión.....	87
5.5.3	Estudio de resistencia en orden de marcha.....	91

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.5.4 Simulación de un bordillazo en orden de marcha	95
6. CAMBIOS REALIZADOS EN EL MODELO REAL	99
7. APLICACIÓN DE REGLAMENTO TÉCNICO	109
8. APLICACIÓN NORMATIVA UNE 93021-1:2006	122
9. CONCLUSIÓN.....	130
10. BIBLIOGRAFIA.....	132

2. INTRODUCCIÓN – OBJETIVO

En este proyecto se va a realizar el estudio de un kart. Para ello se realizará la modelización de los elementos principales en Solidworks, el análisis de rigidez y resistencia de sus elementos estructurales y la comprobación de sus sistemas de frenado, dirección y transmisión. Finalmente se completa con un estudio acerca de la ergonomía y las condiciones de homologación y seguridad.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

4. DEFINICION DE UN KART

3.1 Definición de Kart

Para comenzar se explicarán detalladamente los principales componentes de un kart, para facilitar la posterior comprensión de los estudios y análisis.



Un kart es un vehículo terrestre monoplace sin techo o cockpit, sin suspensiones y con o sin elementos de carrocería, con 4 ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo, las dos delanteras ejerciendo el control de dirección y las dos traseras conectadas por un eje de una pieza, transmiten la potencia. Sus partes principales son: El chasis (comprendida la carrocería) los neumáticos, el motor, la dirección y la transmisión.

3.2 Historia del Karting

El karting nace en marzo de 1956 en una base de aviación de California, Estados Unidos. Durante un fin de semana de permiso de los soldados allí destinados, y por el aburrimiento que les producía el estar fuera de servicio,

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

algunos de ellos tomaron la decisión de fabricar algo que les pudiera hacer disfrutar de las pistas de aviación que tenían.

El resto fue fácil, tubos de calefacción soldados, ruedas de colas de avión, un motor de corta-césped y el volante de un antiguo avión en desuso les bastó para hacer un "go-kart". Así nació el karting, con unos aparatos muy rudimentarios que podían alcanzar los 50 km/h.

El primer kart comercial fue construido en agosto de 1956 por Arte Ingels en California con un motor corta-césped de la West Bend Company (1911-2003), una compañía establecida en West Bend (Wisconsin). Muy pronto el karting se fue consolidando en otras bases de los Estados Unidos y comenzaron las primeras competiciones "salvajes". Los go-karts fueron superando aquellos 50 km/h y rápidamente se incorporaron muchas mejoras técnicas.

La fiebre por el karting ganó adeptos con rapidez en todo el territorio de los Estados Unidos antes de cruzar el océano hasta Europa, ya que tres años después de su bautismo en California se contaba con más de 300 marcas diferentes que fabricaban este pequeño vehículo lúdico en Norteamérica. También de manera fulgurante, el karting se convirtió en una nueva disciplina deportiva del automovilismo, en la que comenzaban a participar miles de incondicionales.

En los años 60 este deporte se introdujo en Europa a través de Francia e Inglaterra, y se creaban numerosas federaciones nacionales por todo el mundo. Para aglutinar este proceso federativo, la Federación Internacional de Automovilismo decidía crear en 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK/FIA). Mientras que los 70 fueron primordiales para el nacimiento del karting en España, de la mano del entrañable Jorge Fuentes y de otros jóvenes apasionados; y en el resto del mundo el karting se revelaba como una auténtica escuela para el deporte del automovilismo, cuyas virtudes formativas aún se elogian hoy. Jóvenes pilotos como Ayrton Senna, Alain Prost o Riccardo Patrese, comenzarían así a recibir sus clases prácticas en sus competiciones

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

infantiles y a promocionar esta disciplina cuando desembarcaron en la Fórmula Uno en los años 80.

Desde aquel 1956 la evolución del karting ha ido en constante aumento, a pesar de que la reglamentación no ha cambiado mucho, los chasis han ido ganando en estabilidad y frenada. Aquellos primeros tubos de calefacción soldados han dado paso a los más sofisticados chasis y a los sistemas de frenos más modernos. Hoy día un kart puede alcanzar velocidades superiores a los 250 km/h(súper kart), pero con una seguridad comparable a la de un Fórmula Uno.

Al principio el karting hizo las delicias de todos los amantes del bricolaje que pudieron expresar su ingenio creativo, pero pronto algunos constructores comenzaron a producir pequeñas series de chasis. Si al principio los motores de corta-césped MacCulloch, con sus 9 cv, hacían disfrutar a los pilotos, pronto quedaron desbancados por las marcas Montesa, Parilla, Rotax y Comet.

Los siempre entusiastas italianos, cuando se trata de deportes mecánicos, fueron los primeros en especializarse en la construcción de chasis. De este modo, la casa Tecno creó en los años 60 el famoso modelo Puma, que fue el prototipo de todos los otros chasis creados desde entonces. Con más de 2.000 chasis fabricados en 1965, los hermanos Pederzanni, creadores de Tecno, dirigían también sus pasos hacia el automovilismo en las Fórmulas 2.000 y 3.000, antes que los problemas económicos paralizaran un proyecto para la Fórmula 1. Desde esta época, los italianos fueron los reyes, la gran mayoría de material provenía de este país, a pesar de que los motores austriacos Rotax obtuvieron grandes éxitos durante varios años.

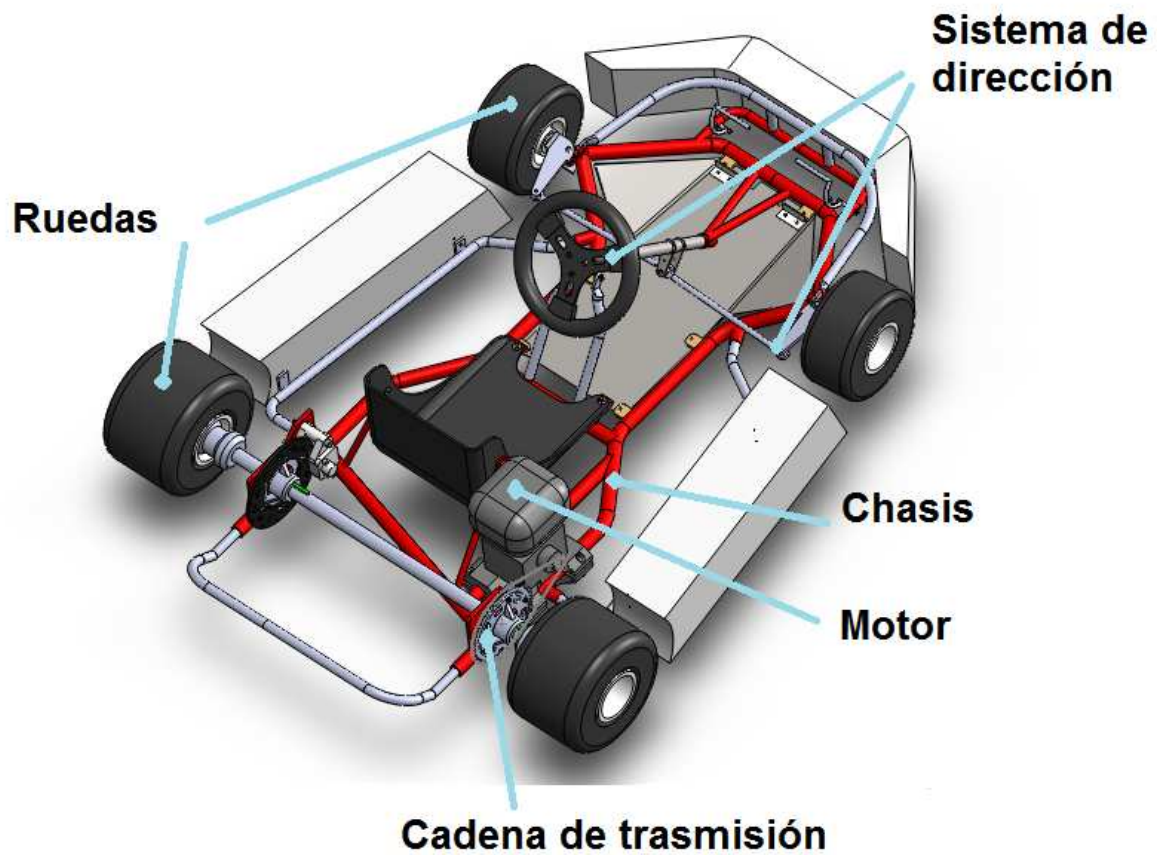
En 50 años el karting ha obtenido el respeto y el reconocimiento como un deporte completo y una formidable escuela de conducción. El deporte del karting es uno de los más difundidos en todo el mundo y sobre todo la base más importante del deporte automovilístico actual.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5. COMPONENTES

En este apartado se va a realizar una descripción de los principales componentes de un kart, así como todas las variantes y posibles modificaciones que pueden tomar.

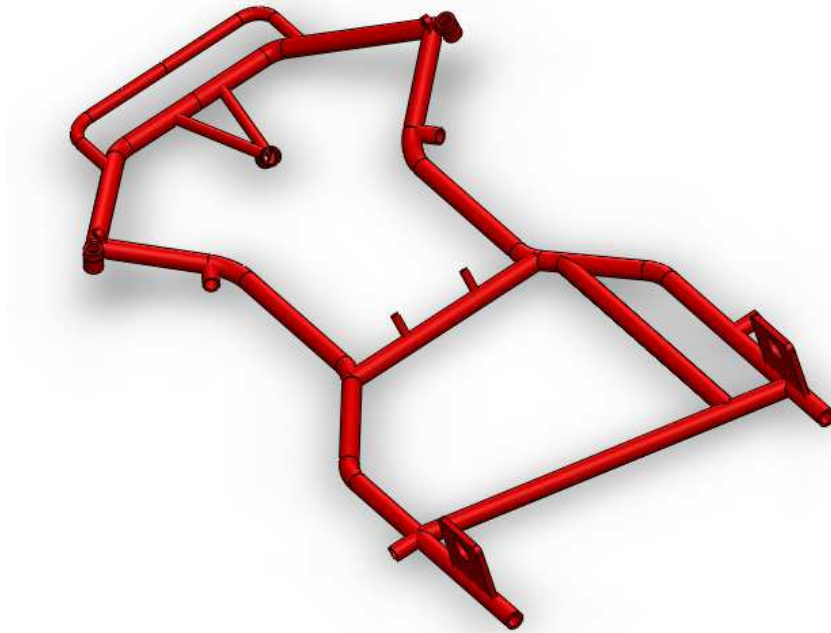
Las partes principales de un kart se resumen en la siguiente imagen.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

4.1 Chasis

Estructura del conjunto del kart que ensambla las partes mecánicas y la carrocería, comprendida cualquier pieza solidaria de dicha estructura. Está formado por un conjunto de tubos de acero soldados, no atornillados, formando una estructura rígida.



La mayoría de la gente insiste en la competitividad de su motor de kart, pero en realidad se podría decir que la parte más importante es el chasis, ya que se considera el esqueleto que sujeta la totalidad del kart.

Los chasis de kart están clasificados en los Estados Unidos como “Open”, “Caged”, “Straight” y “Offset”. Los chasis aprobados por la CIK-FIA son “Straight” y “Open”.

- Los karts de tipo Open no tienen cabina de piloto.
- Los karts de tipo Caged tienen una cabina de piloto alrededor del conductor, son más usadas en carreras dirt.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- En los karts de tipo Straight el piloto se sienta en el centro del kart, son usados para carreras de Sprint.
- En los karts de tipo Offset el piloto se sienta a la izquierda del kart, son usados para carreras de velocidad en las que solo se gira a la izquierda.

La manera en la que el chasis está construido tiene una gran importancia. La rigidez de los chasis permite diferentes características de manejo dependiendo de las circunstancias en las que se conduce. Idealmente, el chasis debe ser ligero para permitir mejor manejo, pero por otra parte también debe ser suficientemente fuerte para soportar el kart entero y las fuerzas a las que está sometido.

Los marcos rígidos eran usados en el pasado para construir karts. Consistían en unas barras cortas que se cruzaban unas con otras, y a menudo se rompían. Esto ocurría mayormente porque los kart no tenían tracción en el neumático derecho o suspensión para reducir los golpes a los que estaba sometido el kart en la aceleración, en las curvas y en la frenada.

El hecho de tener una errónea tracción en los neumáticos traseros significa que el kart tiene el peso incorrecto o está mal equilibrado. Por tanto se deduce que el chasis utilizado tiene un fuerte impacto en el manejo del kart.

Los karts más recientes tienden a utilizar barras más largas para el chasis, lo cual ofrece una mayor flexibilidad y permite moverse mejor en una gran variedad de terrenos, especialmente durante los giros. La mejor combinación para un kart es aquella que permite una gran tracción y es flexible. Como norma general, los circuitos más exigentes requieren un chasis más flexible, y viceversa en los circuitos menos exigentes.

El diseño juega un papel importante en la forma de trabajo del chasis. Si los raíles traseros no son suficientemente anchos, habrá menos deslizamiento. Esto se refiere a lo bien que el kart se fija a la pista sin patinar o deslizarse. Unos raíles traseros más anchos hacen que sea menos probable que el kart vuelque debido a que tiene más estabilidad.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

A continuación se explican algunos conceptos muy importantes relacionados con el chasis: el equilibrio, la rigidez y la altura.

EQUILIBRIO DEL CHASIS

El equilibrado del chasis es una condición a comprobar antes de realizar ningún tipo de ajuste. Un chasis debe estar perfectamente equilibrado para poder constituir una plataforma adecuada. En un suelo totalmente plano debe apoyar las cuatro ruedas sin "cojear".

A veces los apoyos constantes, los pasos por bordillos, etc. producen una cierta flexión permanente en el chasis. Hay que comprobar, en un suelo plano, la distancia de ambos ejes al suelo, en el lado derecho y en el izquierdo. Estas comprobaciones deberán realizarse periódicamente para mantener la seguridad del chasis.

RIGIDEZ

La carencia de suspensiones hace que la rigidez del chasis sea un factor importante en la estabilidad y conducción del kart. Como principio básico, a menor rigidez corresponde mayor capacidad de flexionar y por tanto menor posibilidad de deslizamiento, más agarre. Mayor rigidez, menos agarre. Existe una cierta tendencia a aumentar el tamaño de los tubos y el diámetro del eje, y al uso de tirantes en el tren trasero para intentar compensar el aumento de agarre debido a los modernos neumáticos que, si bien permiten cada vez mejores apuradas de frenada, ocasionan frecuentes botes al tomar curvas.

Sin embargo, un chasis muy rígido puede perder la capacidad de flexión para un óptimo agarre en piso deslizante. Por eso, en algunos recientes modelos de chasis se opta por una mayor capacidad de flexión (chasis blandos) de forma que para conseguir la rigidez necesaria en otras pistas se acude al uso de una cantidad creciente de barras estabilizadoras.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

En circunstancias de pista deslizante o de difícil agarre conviene que el chasis tenga la mayor capacidad de flexión posible. Por tanto, quitar barras estabilizadoras o tirantes, o disminuir su tensión aflojando los enganches, será un reglaje adecuado. En caso extremo, aflojar los tornillos de la parte delantera o trasera - incluso algunos de la bandeja- puede ser un ajuste conveniente, al permitir una mayor flexión del chasis. En ningún caso debe soltarse tanto que se desprenda algún elemento del kart.

En otras circunstancias, con demasiado agarre y difícil deslizamiento, con botes del kart en las curvas lentas, puede ser preciso aumentar la rigidez. Ya que tanto la defensa delantera como la trasera son barras estabilizadoras y es conveniente fijarlas rígidamente al chasis. El uso de tirantes desde los soportes del eje trasero al asiento funciona de manera similar, aumentando la rigidez, la dificultad de flexión detrás, permitiendo un mayor deslizamiento de las gomas traseras. Las barras laterales, además de servir de soporte a los pontones cumplen un cometido también en el mismo sentido. Reforzarlas con tirantes al chasis aumenta la rigidez y disminuye la capacidad de flexión longitudinal.

El uso de barras estabilizadoras adicionales en la parte delantera o trasera permitirá graduar el aumento de rigidez en cada eje. Muchas barras tienen una capacidad de ajuste de la tensión de acoplamiento para conferir una rigidez graduable, lo que posibilita realizar ajustes muy finos, para pilotos sensibles.

En cualquier caso, hay que recordar que los ajustes en un eje repercuten en el otro.

Un ajuste para permitir un mayor deslizamiento detrás tendrá el efecto de obtener un relativo mayor apoyo en el eje delantero. Si llegamos a un caso extremo con un eje delantero muy blando y un eje trasero muy rígido estamos posibilitando una tendencia sobreviradora extrema.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

En resumen la receta práctica es: aumentar la rigidez para obtener mayor deslizamiento, disminuirla para mejor agarre.

Veamos unos casos como ejemplo:

- El coche subvira por falta de agarre delantero (no responde al volante): Aflojar la parte delantera y quitar barras para mejorar el agarre delantero.
- El coche subvira por excesivo agarre trasero (el kart empuja): Apretar las barras traseras o aumentar barras y tirantes.
- El coche sobrevira por falta de agarre trasero: Aflojar la parte trasera o quitar barras para mejorar el agarre trasero.
- El coche bota en las curvas por excesivo agarre trasero: Apretar las barras traseras o aumentar barras y tirantes.

ALTURA DEL CHASIS

Los ajustes de altura permiten, además de la adecuación al estado del peso y dimensiones o presiones de los neumáticos, variar la altura del centro de gravedad y reajustar, en general, el reparto de masas. Normalmente se tiende a mantenerlo tan bajo como sea posible y con las mismas alturas a derecha e izquierda.

La mayoría de los pilotos sólo modifican la altura del chasis si el estado del pavimento lo requiere. Sin embargo la altura del chasis tiene más importancia de la que parece y también se puede emplear para ajustar el reparto de pesos y el agarre. Subir la altura del chasis en un extremo (detrás o delante) incrementará ligeramente el agarre en el extremo que se alza. Bajar hasta el tope la altura de los rodamientos del eje trasero resultará en un mejor deslizamiento atrás.

Todo esto nos lleva a la conclusión de que el tipo de chasis que utilices en tu kart, y los reglajes adoptados, dependen en gran parte del tipo de circuito en el que vayas a correr. Si vas a correr mayormente en circuitos de hormigón

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

o asfalto, necesitarás un frente más largo y una trasera más estrecha. Lo contrario será si vas a competir en carreras dirt.

En el chasis se pueden diferenciar 3 partes principales: el chasis-cuadro, las partes principales del chasis, y las partes auxiliares del chasis.

Chasis cuadro

El chasis-cuadro es la parte central y de sujeción del conjunto del kart. Deberá ser lo suficientemente resistente para absorber las cargas producidas cuando el kart está en movimiento.

Constituye por encima de todo el principal elemento de soporte del vehículo. Además, sirve como conexión rígida de las principales partes correspondientes del chasis y de la incorporación de partes auxiliares.

Partes principales del chasis

Su función es la transmisión de las fuerzas de la pista al chasis-cuadro sólo mediante los neumáticos. Todas las partes que transmiten estas fuerzas son:

- eje trasero porta mangueta
- pivotes
- soportes de eje trasero y delantero
- partes de conexión delante – detrás (Si existen)

Partes auxiliares del chasis

Todos los elementos que contribuyen al correcto funcionamiento del kart y como dispositivos facultativos, sujetos a su ser en conformidad con la Reglamentación a excepción de las partes principales del chasis.

Las partes auxiliares no pueden tener la función de transmitir fuerzas desde la pista hacia el chasis-tubular.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Los elementos auxiliares del chasis son:

- Fijación de los frenos, motor, escape, volante, asiento, pedales, paragolpes y silencioso de admisión
- Lastre
- Todos los dispositivos y conexiones
- Todas las placas y todos los soportes
- Otros puntos de fijación – secciones y tubos de refuerzo
- Frenos y discos de freno

4.2 Ruedas

La rueda está definida por la llanta con el neumático, que sirve para la dirección y/o propulsión del Kart. Estas son algunas características:

- El número de ruedas se establece en 4, dos delanteros y dos traseros, así como el número de neumáticos.
- Sólo los neumáticos pueden entrar en contacto con el suelo cuando el piloto esté a bordo.
- Las ruedas y neumáticos de un kart son mucho más pequeñas que las usadas en un coche normal.
- Las llantas están hechas de aleaciones de magnesio o de aluminio.
- Las ruedas pueden llegar a soportar fuerzas en las curvas mayores a 20m/s^2 , dependiendo del chasis, del motor, y de su configuración.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

La elección del tipo de ruedas es uno de los temas que suscita más controversia. Neumáticos más blandos o más duros, según temperatura, la abrasión de la pista, la duración de la carrera, etc.

Este es otro de los temas espinosos que suscita más controversia. Si son mejores los compuestos más blandos o más duros, dependiendo de las condiciones meteorológicas y las características de la carrera.

En realidad, cualquier elección tiene sus pros y sus contras. Si optamos por un compuesto muy blando obtendremos un agarre superior en frenada y en curvas, pero también un deterioro de la goma más acelerado, lo que en el caso de una carrera larga con varias mangas, puede ser un grave inconveniente en las finales.

Aunque es preciso realizar muchas matizaciones, la regla básica es: Cuanto más blando es el compuesto se obtiene una elevación de temperatura de la goma más rápida, una mayor flexión, mejor agarre y un más rápido desgaste. Dicho de una forma sencilla: neumático más blando significa mejor agarre, menor duración y más caro.

Si el criterio de duración es importante, lo que puede ser el caso de rodar por diversión, la elección de compuestos muy blandos aparece como una decisión equivocada. Compuestos del tipo SL o más duros son los apropiados para este tipo de exigencias.

Sin embargo, en carrera, cada décima o centésima de segundo es vital. El factor económico tiene menos importancia frente al crono. Es por lo que casi todos los pilotos optan por montar el compuesto más blando posible de todos los homologados para la categoría o el evento. Este es uno de los factores que contribuyen al progresivo encarecimiento de la práctica del karting.

Por otra parte, las condiciones de la pista, la temperatura de la misma y la duración de la carrera pueden matizar esta elección:

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- **Tipo de pista.** Pista más deslizante exige compuestos más blandos. Por contra, una pista abrasiva requiere compuestos más duros. No es solamente un asunto de deterioro de la goma (que también lo es) sino un problema de adquisición de temperatura. Pensemos en una pista muy abrasiva como si fuera un papel de lija y en una pista deslizante como en un cristal.
- **Temperatura de la pista.** A temperaturas elevadas compuestos más duros. Los compuestos blandos adquieren temperatura más rápidamente que los duros, pero si la temperatura del asfalto es muy alta, corremos el peligro de sobrecalentarlos.
- **Duración de la carrera.** Está claro: goma más blanda, menor duración. Evidentemente, con matizaciones. Cualquier compuesto aguanta una o dos mangas de una carrera de velocidad. Sin embargo, en casos como carreras de resistencia o eliminatorias con varias mangas, el desgaste de los neumáticos puede contar mucho al final. Sirve de poco obtener unos fantásticos registros en las mangas eliminatorias si llegamos a la carrera final con las gomas tan deterioradas que resulta difícil mantener el kart en la pista. El equilibrio entre agarre y desgaste puede ser muy delicado.

En realidad, hay uno o dos factores determinantes: la capacidad de flexión y la temperatura de la goma. Los neumáticos están diseñados para trabajar de forma óptima en un margen específico de temperaturas que hay que procurar mantener.

Tanto los sobrecalentamientos como la falta de adquisición de la temperatura adecuada empeoran el rendimiento de las gomas.

Los diferentes tipos de ruedas usadas en karting son:

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- **Slick, o neumáticos lisos para carretera seca.** En el nivel internacional de carreras estos son algunos de los neumáticos más suaves y más avanzados en el automovilismo. Las ruedas Slick tienen diferentes composiciones, desde muy suave (máxima adherencia) hasta muy duras (tienen menos agarre pero más vida útil). Los neumáticos lisos no tienen surcos por lo que tienen un contacto óptimo con la superficie. Este tipo de neumáticos no se usan nunca en un coche ordinario, ya que debe tener en cuenta cualquier variación del tiempo, pero son ideales para cualquier forma de automovilismo que permita a los conductores cambiar sus ruedas de acuerdo con el tiempo.
Los neumáticos lisos ofrecen una tracción mayor que los neumáticos con surcos, pero cuando el suelo está húmedo pierden toda su adherencia, ya que al no tener surcos, se forma una película de agua entre el neumático y la superficie, esto se conoce como aquaplaning.
- **Intermediate, o neumáticos intermedios.** Este tipo de neumáticos se usan generalmente cuando hay una pequeña parte húmeda en el aire y en la pista, pero no lo suficiente como para tener que llevar neumáticos para lluvia. Por esta razón el material del que están compuestos es más blando que en los neumáticos lisos, pero no tanto como en los neumáticos para lluvia.
Los neumáticos intermedios también se usan cuando cabe la probabilidad de perder tracción en la carretera.
- **Wets, o neumáticos de lluvia.** Este tipo de neumáticos se usan cuando la carretera está muy mojada, e incluso se forman charcos. Tienen surcos, están hechos de un compuesto muy blando y son más estrechas que las Slick. Este tipo de neumáticos ofrecen mucha más tracción cuando la carretera está mojada en comparación con los neumáticos Slick, ya que los surcos que poseen permiten que el agua atrapada entre el

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

neumático y la carretera salga a través de ellos y no se produzca aquaplaning. No están permitidas en todas las carreras.

- **Special, o neumáticos especiales.** Estos neumáticos se usan cuando ninguno de los tres anteriores nos permite seguir conduciendo. Los neumáticos con pinchos se usan por ejemplo cuando el terreno está helado. Son básicamente neumáticos lisos con pinchos.



AJUSTE DE PRESIÓN EN LOS NEUMÁTICOS

Otro de los temas importantes en cuanto a las ruedas del kart es el ajuste de la presión en los neumáticos. En realidad, el ajuste óptimo depende de muchos factores: el equilibrio del kart, el tipo de gomas, la composición y temperatura de la pista, el peso del piloto, etc. Y, por supuesto, de algunas particulares manías. Se observan partidarios de presiones muy bajas, tan bajas que el kart desenllanta en cuanto se fuerza la goma en algún giro. Y, a pesar de eso, seguir con ese tipo de presiones carrera tras carrera.

Como siempre, el agarre óptimo se consigue en el margen apropiado de temperatura del neumático, que varía con el compuesto usado. Por medio de las variaciones de presión se puede llevar a una goma a trabajar en un extremo u otro.

La regla general, que hay que interpretar con sumo cuidado, es: Mayor presión genera más calor y más rigidez. Y viceversa. Entonces, si más presión implica mayor temperatura, se debería aumentar la presión para conseguir más agarre. Pero es necesario tener en cuenta los pros y los contras. Subir la

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

presión significa un aumento más rápido de la temperatura lo que puede llevar a sobrecalentarla en carreras de una cierta duración. También significa un mejor rodaje en rectas y una más rápida respuesta al volante. Sin embargo, implica una pérdida en la capacidad de flexión de la goma al aumentar la rigidez, con mayor posibilidad de deslizamiento y, en el caso extremo, una menor superficie de contacto al abombar la banda de rodadura.

Bajar la presión, por el contrario, significa una mayor capacidad de flexión del neumático permitiendo una mayor resistencia al deslizamiento en curva, mejor agarre en giro, si bien es cierto que tardara más en adquirir temperatura. También mejora la cantidad de superficie de contacto siempre que la presión no sea excesivamente baja.

Aunque en carreras muy cortas o con tiempo muy frío, puede suceder que el uso de presiones muy bajas impida que el neumático llegue a alcanzar su temperatura apropiada de trabajo.

Si durante la prueba se alcanza el margen adecuado, la capacidad de flexión adquiere preponderancia. Ahora bien, ello puede implicar que la goma no adquiera temperatura hasta que se haya rodado dos o tres vueltas. El caso contrario se presenta en las vueltas de toma de tiempos (una o dos) donde se puede terminar sin que la goma se caliente lo suficiente. Un ligero aumento de la presión de inflado será beneficiosa para este tipo de vueltas.

Otros ajustes:

- **Temperatura.** Es conveniente subir ligeramente la presión cuando baja la temperatura de la pista y bajarla cuando aquella sube. Se usa el aumento de presión para intentar adquirir mayor temperatura de la goma. Así pues, se usan presiones superiores en invierno. Las variaciones durante el mismo día, de mañana a tarde, se compensan de la misma manera.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- **Compuestos.** Cuanto más blandas son las gomas menos presión requieren. Las gomas duras admiten mayor presión ya que adquieren temperatura lentamente.
- **Tipo de pista.** Cuanto más abrasiva es una pista, mayor rozamiento provoca y mayor es el aumento de temperatura, lo que se compensa bajando la presión. Cuando se acumula goma en la pista sucede algo parecido ya que provoca mayor agarre y resistencia al avance. En estas condiciones resulta conveniente bajar la presión para reducir la temperatura de la goma, especialmente en verano.
- **Peso total.** Cuanto mayor es el peso del kart tanto mayor carga exige al neumático así en la banda de rodadura como en los laterales para flexar. Esto hace que la temperatura aumente, lo que se puede compensar bajando la presión. Por tanto, kart más pesado, menor presión.
- **Tipo de circuito, estilo de pilotaje...** Todas las condiciones pueden influir en un mayor o menor aumento de temperatura. Normalmente cuanto más se deslice, mayor calor se genera. Para mantener la temperatura óptima ciertos pequeños cambios de presión son convenientes.

En la siguiente tabla se muestra un resumen del comportamiento de los neumáticos según la presión:

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

PRESIÓN	MÁS ALTA	MÁS BAJA
Agarre	Decrece	Aumenta
Área de contacto	Decrece	Aumente
Respuesta del volante	Rápida	Lenta
Rigidez lateral	Más dura	Más blanda
Rendimiento mojado	Aumenta	Decrece
Duración	Decrece	Aumenta

Pequeñas variaciones de presión sirven también para compensar algunos problemas o ajustes del kart, como problemas de sub o sobreviraje. Normalmente se realizan las variaciones en las gomas traseras, ya que las delanteras necesitan una cierta rigidez para obtener buena respuesta al volante. Además los cambios en el tren delantero tienen efectos mucho más acusados. Si se experimenta un subviraje debido a un empuje excesivo, lo que provoca la tendencia a seguir derecho, subid las presiones traseras. Esto produce un aumento del deslizamiento del tren trasero, compensando el empuje. Por el contrario, un sobreviraje excesivo que hace necesario realizar correcciones de volante para mantener la trazada, se puede compensar bajando la presión de las gomas traseras para producir un mejor agarre.

Si el kart "bota" en las curvas, el aumento de las presiones en las gomas traseras permitirá un mejor deslizamiento. Tened en cuenta que cuanto más alta es la presión, al ocasionar mayor deslizamiento, menor es su adherencia lo que permite un rodaje más suave y rápido pero disminuye su capacidad de frenado.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

4.3 Motor

Por motor se entiende el conjunto motopropulsor del vehículo en estado de marcha, comprendiendo un bloque de cilindros, carters, eventualmente caja de velocidades, un sistema de encendido, uno o varios carburadores (no posee sistema de inyección) y un tubo de escape (silencioso).



Las partes más importantes en el motor de un kart son: el sistema de admisión, el carburador, la bujía y el escape.

ADMISIÓN

Es el primer tiempo del ciclo de un motor de cuatro tiempos. Se inicia con la apertura de la válvula (o las válvulas) de admisión, mientras el pistón inicia su carrera de descenso desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI).



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

La succión que se crea se aprovecha para introducir la mezcla en el cilindro. Durante esta fase, la válvula de escape permanece totalmente cerrada, y para que se llene mejor el cilindro aprovechando la inercia de los gases, hay una ligera variación del ciclo teórico: la válvula de admisión se abre un poco antes de que el pistón llegue al PMS e inicie el descenso, y se cierra con un ligero retraso respecto al PMI. Durante este tiempo de admisión, el cigüeñal ha dado media vuelta.

CARBURADOR

Carburar significa mezclar el aire atmosférico con los gases o vapores de los carburantes para hacerlos combustibles o detonantes.



El carburador está diseñado para producir una fina niebla, formada por gasolina y aire en la proporción adecuada, que debido a la chispa de la bujía explosiona en el interior del cilindro, en lo que se denomina fase de combustión de un motor.

Los carburadores basan su funcionamiento en un dispositivo denominado "tubo de venturi", de forma que se acelera el aire de admisión a su paso por el carburador. Al acelerarse, el aire provoca un vacío que chupa de la gasolina. (Su principio de funcionamiento es idéntico al de los perfumadores clásicos). Los carburadores constan por lo general de una cuba en la que se regula el nivel de carburante que llega desde el depósito a través de una

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

válvula de aguja accionada por un flotador (algo similar a los mecanismos de boya que controlan el agua en las cisternas de los lavabos), un difusor calibrado para suministrar el fino chorro de gasolina que se pulveriza en la corriente de aire, y una mariposa conectada con el acelerador que regula la entrada de mezcla en el motor.

Actualmente ya no se utiliza en Europa ni en otros países norteamericanos, pues los sistemas de inyección electrónica son más eficaces y permiten dosificar perfectamente el combustible para cumplir con la normativa anti-contaminación, pero en los karts cualquier sistema de inyección está prohibido.

BUJÍA

Proporciona la chispa que enciende el combustible en los motores de gasolina. Se compone de un cuerpo de acero que es el que está en contacto con el bloque del motor, acabado en un electrodo de masa. El electrodo central suele ser de cobre, níquel o platino, y está separado del cuerpo de la bujía mediante un material aislante realizado en material cerámico. En el interior, también hay una resistencia que anula posibles interferencias electromagnéticas.



Entre los factores importantes a tener en cuenta en una bujía está la separación entre electrodos, que debe ser adecuada para que la corriente produzca una chispa capaz de prender el combustible. También es muy

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

importante el grado térmico, pues las bujías trabajan con unas temperaturas tan elevadas que el control de esta temperatura en los electrodos resulta vital. Normalmente, un motor tiene una bujía por cada cilindro, aunque algunos fabricantes tienen motores con dos bujías por cilindro, para mejorar la combustión de la mezcla.

ESCAPE

Un poco antes de que el pistón termine su carrera de trabajo (ciclo de expansión) se abre la válvula de escape, con lo que los gases quemados, que tienen una presión en el cilindro mayor que la que existe en el exterior, comienzan a salir.



Durante el ciclo de escape propiamente dicho, el pistón empieza a subir de nuevo desde el PMI al PMS y empuja los gases quemados. Una vez que termina este ciclo, el proceso comienza de nuevo.

Después del chasis, el motor es la segunda parte más importante de un kart. Elegir el motor correcto para cada kart es vital. La mayoría de las nuevas marcas de karts ya tienen sus propios motores, así que el problema se reduce a cuando estás construyendo tu propio kart, o si estás adaptando un kart de 2º mano a tus necesidades.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

En caso de tener que elegir un motor para un kart, existen varias opciones que habrá que tener en cuenta dependiendo de diversos factores, como el económico o la disponibilidad.

- **Motores off the self:** Este tipo de motores está diseñado para un uso a corto plazo. Algunos de ellos poseen cilindros de aluminio, que pueden rozar contra los anillos de acero del pistón y crear una gran fricción. Por esta razón los motores off the self no suelen durar mucho tiempo, y no son adecuados para aquellos que pretendan darle mucho uso a su kart.

Los motores más grandes a menudo tienen los manguitos del cilindro de hierro fundido, lo cual les permite tener una vida útil mayor que los de aluminio, por ello normalmente son más caros.

Algunos de estos motores también tienen arranques eléctricos, y vienen con alternador, el cual les ofrece la posibilidad de encender las luces y cargar las baterías.

- **Motores de motocicleta:** Estos son los tipos de motores más comunes, debido a que son muy versátiles, y pueden ser usados en Karts fuera de pista, así como en los que compiten en carreras. Generalmente no necesitan muchas modificaciones para encajar en un kart usado o en un kart construido artesanalmente. El único problema es que son motores difíciles de encontrar.

- **Motores de cortacésped:** Estos motores son bastante potentes, con una potencia entre tres y cinco caballos. A pesar de esto, no son particularmente rápidos. Son fáciles de comprar, pero puede ser complicado adaptarlos a un kart. Como los motores de cortacésped funcionan en un eje vertical, necesitan un gran trabajo para ser capaces de funcionar en un eje horizontal como requiere un kart. Es más complicado que un simple giro del motor. Existe un gran riesgo de que el pistón falle, ya que estos motores están diseñados para funcionar en su posición original.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- **Otras fuentes:** También es posible adaptar motores de otras fuentes, como motores de coche, generadores, tractores cortacésped, e incluso motores de moto sierra. La mayoría de estos son muy difíciles de adaptar, y puede resultar muy peligroso hacerlo.

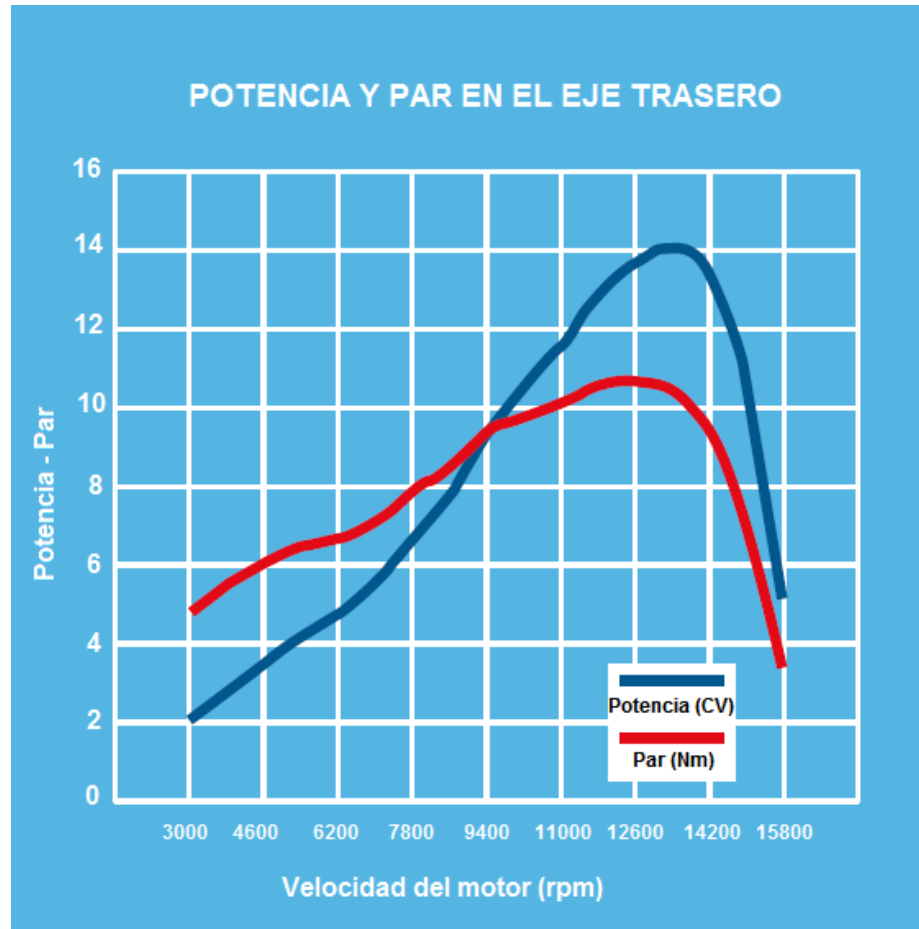
Elegir el tipo correcto de motor para el kart puede ser más difícil de lo que parece, especialmente porque los mejores motores pueden ser los más difíciles de adaptar.

La manera de representar las características de un motor se realiza mediante las curvas características.

Las curvas características de un motor de combustión interna son las que indican, en función de la velocidad de rotación del motor, la potencia, el par y el consumo específico del mismo. Están incluidas en un rango de revoluciones, debajo del cual el motor funciona muy irregularmente y/o tiende a apagarse y si se sobrepasa el límite superior los elementos mecánicos están muy cerca de sufrir daños irremediables o rupturas irreparables. Estos dos extremos determinan el campo de utilización de un motor.

La curva de potencia crece progresivamente casi constante hasta un valor determinado que indica su valor máximo, después decrece rápidamente hasta el límite máximo de utilización del motor. El descenso de potencia, más allá de dicho valor se debe a la disminución del rendimiento volumétrico del motor.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



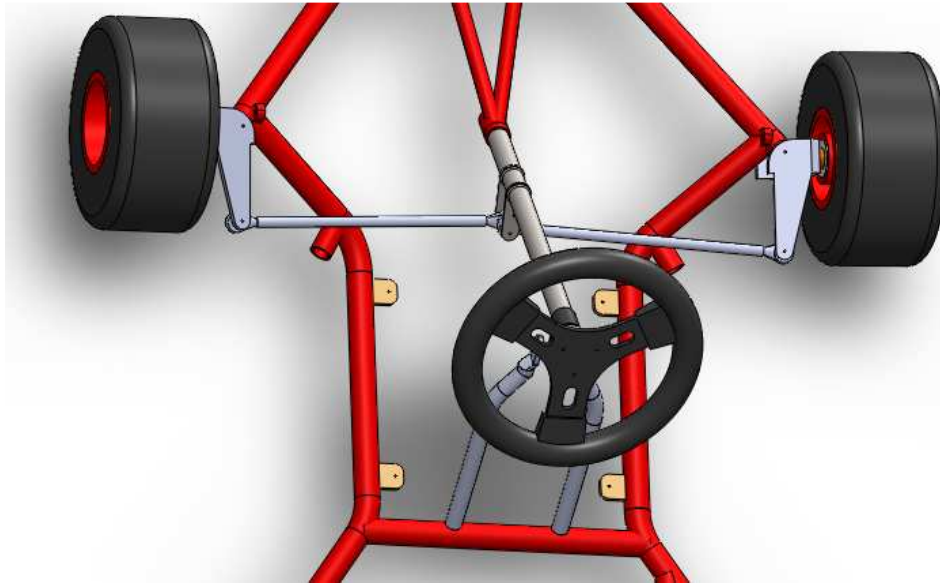
La curva de par del motor no es tan pronunciada como la de potencia, es decir, tiende a ser más horizontal, pero sin perder su concavidad. También crece al aumentar las revoluciones del motor pero su progresión es menor. El par máximo se encuentra a un menor nivel de revoluciones que la potencia máxima pero a la vez el decrecimiento del par es mucho más lento al aumentar la velocidad de giro. La elasticidad de un motor se conoce como el intervalo entre el par máximo del motor y su potencia máxima.

La curva de consumo específico tiene una presentación gráfica inversa a la del par del motor, decrece al aumentar el nivel de revoluciones hasta llegar al valor de menor consumo en un número determinado de vueltas del motor y a partir de allí empieza a crecer suave y gradualmente hasta el límite de utilización del motor.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

4.4 Sistema de dirección

El conjunto de mecanismos que componen el sistema de dirección tienen la misión de orientar las ruedas delanteras para que el vehículo tome la trayectoria deseada por el conductor. Está formado por: volante, columna volante, varillas de dirección y pivotes de dirección.



Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas; debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción. Estas cualidades son las siguientes:

- **Seguridad:** depende de la fiabilidad del mecanismo, de la calidad de los materiales empleados y del mantenimiento adecuado.
- **Suavidad:** se consigue con un montaje preciso, una desmultiplicación adecuada (en caso de que exista), y un perfecto engrase. La dureza en la conducción hace que ésta sea desagradable, a veces difícil y siempre fatigosa. Puede producirse por colocar unos neumáticos inadecuados o mal inflados, por un ángulo de avance o de salida exagerados, por carga excesiva

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

sobre las ruedas directrices, y por estar el eje o el chasis deformado.

- **Precisión:** se consigue haciendo que la dirección no sea muy dura ni muy suave. Si la dirección es muy dura por un excesivo ataque (mal reglaje) o inadecuada desmultiplicación, la conducción se hace fatigosa e imprecisa; por el contrario, si es muy suave, por causa de una desmultiplicación grande, el conductor no siente la dirección y el vehículo sigue una trayectoria imprecisa. La falta de precisión puede ser debida a las siguientes causas:
 - Por excesivo juego en los órganos de dirección.
 - Por alabeo de las ruedas, que implica una modificación periódica en las cotas de reglaje y que no debe de exceder de 2 a 3 mm.
 - Por un desgaste desigual en los neumáticos (falso redondeo), que hace ascender a la mangueta en cada vuelta, modificando por tanto las cotas de reglaje.
 - El desequilibrio de las ruedas, que es el principal causante del shimmy, consiste en una serie de movimientos oscilatorios de las ruedas alrededor de su eje, que se transmite a la dirección, produciendo reacciones de vibración en el volante.
 - Por la presión inadecuada en los neumáticos, que modifica las cotas de reglaje y que, si no es igual en las dos ruedas, hace que el vehículo se desvíe a un lado.
- **Irreversibilidad:** consiste en que el volante debe mandar el giro a las ruedas pero, por el contrario, las oscilaciones que toman éstas, debido a las incidencias del terreno, no deben ser transmitidas al volante.

Cuando se habla del sistema de dirección es necesario tener en cuenta conceptos como convergencia y divergencia, avance del perno de dirección y caída.

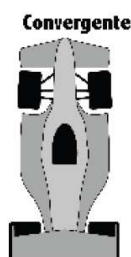
CONVERGENCIA Y DIVERGENCIA

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

La convergencia de cada rueda delantera se define como el ángulo que forma el plano de la rueda con el eje longitudinal del kart. Cuando forman un ángulo agudo- las ruedas tienden a encontrarse por delante del kart, se cierran hacia adelante- existe una convergencia. Si las ruedas se abren se dice que hay divergencia. La convergencia se puede expresar en grados del ángulo que forman, pero habitualmente se expresan como la diferencia de las anchuras de vías medidas en el borde anterior y posterior de los neumáticos o de las llantas.

Cuando las ruedas están perfectamente paralelas no hay convergencia y es la configuración adecuada para una marcha más suave, con la mínima pérdida de potencia y el menor desgaste de gomas. Cualquier ángulo introduce un valor de resistencia al avance, y provoca un mayor desgaste debido a que los neumáticos ruedan "arrastrándose" con un ángulo respecto a la dirección de avance.

Una excesiva convergencia causa un desgaste acelerado en los bordes externos de los neumáticos mientras que una excesiva divergencia provoca lo mismo en los bordes interiores.



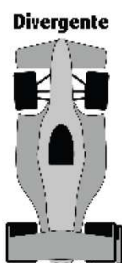
El motivo de la convergencia o no viene determinado por otros dos aspectos importantes en la conducción: la estabilidad direccional y la respuesta al cambio de dirección.

Cuando se introduce una ligera convergencia, cada rueda apunta ligeramente hacia el centro de forma que sus direcciones relativas, las que tienden a efectuar las ruedas, se cruzan por delante del coche. Cualquier pequeña variación producida por baches o ligerísimos ajustes de volante tiende a ser anulada en el sentido de la marcha ya que las ruedas, al apuntar al

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

interior, intentan recuperar la dirección recta. La convergencia tiene, pues, un efecto de provocar una mayor estabilidad direccional, lo que facilita una conducción más relajada, menos crispada, debida a una dirección que, en parte, autocorrigie.

Por el contrario, al ajustar la dirección con divergencia, cada rueda tiende a escaparse en direcciones distintas, a hacer girar el coche. Cualquier mínimo giro de volante provocará un giro de la rueda interna más cerrado que en la rueda externa. Ante cualquier variación el coche tenderá a girar más bien que a mantener la línea recta.



Dicho de otro modo: la convergencia tiende a mantener el coche en la línea recta, mientras la divergencia facilita el giro. Por tanto, el reglaje idóneo depende de los objetivos del reglaje. Hay que buscar el compromiso entre la estabilidad, la facilidad de giro y el desgaste de gomas. En un turismo de calle nadie quiere estar peleando constantemente con el volante para recuperar la dirección ante cada pequeño bache aunque el coche responda un poco peor al inicio de cada curva. Sin embargo, un piloto de carreras puede sacrificar la estabilidad frente a una mejor respuesta al giro. Por ello, en carreras puede usarse una ligera divergencia mientras los coches de calle siempre vienen ajustados con convergencia.

En cualquier caso, el posible ajuste divergente se debe realizar en el tren delantero.

Colocar divergencia en las ruedas traseras provocaría un excesivo sobreviraje y haría el coche imposible de conducir. Las ruedas traseras deben estar perfectamente paralelas o con una muy ligera convergencia.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

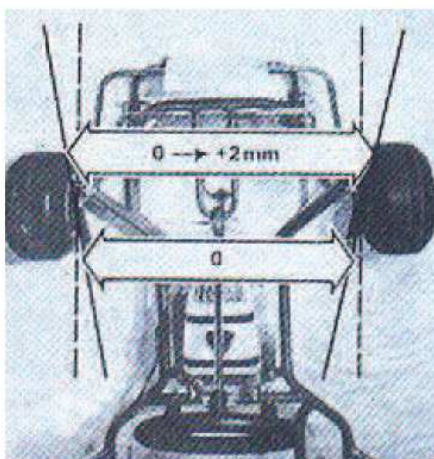
Podemos prever que en un circuito muy virado será más apropiada una mayor divergencia que en un circuito con curvas más suaves. O quizás en un circuito de curvas suaves y muy rápidas (un circuito oval, por ejemplo), una ligera convergencia ayude a mantener el kart con la estabilidad adecuada. Por otra parte, cuanto más rígido sea un chasis será tanto más sensible al cambio y necesitara menor variación.

El reglaje deberá tender a la mínima convergencia o divergencia que produzca el efecto deseado. El ajuste más habitual en sprint karts de 100 cc. Es divergente entre 0 y 2 mm. Poner cantidades elevadas reduce la facilidad de rodaje en recta y ocasiona importantes desgastes de los neumáticos. Sin embargo, en sesiones de reglaje, ajustar al máximo de convergencia o divergencia puede servir para aclarar la tendencia y sensibilidad del chasis. Con reglajes extremos hay que pilotar con extrema precaución.

Es preciso realizar el reglaje de ruedas paralelas al menos una vez para poder tener la referencia adecuada. Deberá realizarse midiendo cuidadosamente y variando la longitud de las varillas de ajuste de forma que tengan entre ellas la menor diferencia posible. Apuntad las longitudes y realizad una marca en las varillas para poder reajustar con mayor rapidez.

El reglaje debe realizarse en orden de marcha teniendo en cuenta el peso del piloto. Al cargar el kart, el peso tiende a doblar el chasis hacia abajo, abriendo las ruedas. Como las varillas mantienen la distancia, la dirección tiende a divergir. Este posible cambio se debe medir para tenerlo en cuenta en caso de ajustes sin el piloto. También influye en las caídas y avances.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



CAIDA DE LAS RUEDAS

La caída de una rueda es el ángulo que forma el plano de la rueda respecto a la vertical al suelo en el punto de contacto. Si el extremo superior de la rueda está más cercano al chasis que la vertical, la rueda cae hacia el chasis y se dice que la rueda tiene una caída negativa. Si está más alejado, la rueda tiene una caída positiva. La fuerza que un neumático puede resistir o desarrollar en giro es altamente dependiente del ángulo que forma en la superficie de contacto y, por tanto, el ángulo de caída es un factor importante de reglaje. De hecho, el mejor rendimiento se obtiene típicamente con una pequeña inclinación negativa de alrededor de medio grado, aumentando el poder de giro por un efecto de empuje similar a la inclinación en las ruedas de una bicicleta o moto al recorrer una curva.

Eso hace que se trate de que el neumático en giro deba trabajar siempre en una ligera caída negativa, lo que no resulta fácil ya que la tendencia de la rueda externa en giro es a deformarse, llevando la parte superior hacia afuera. El ajuste inicial de una mayor caída negativa de la idónea permite compensar la caída positiva resultante en el giro.

Sin embargo, con gomas cada vez más anchas, trabajar con valores elevados de caídas negativas disminuye la superficie de contacto y se

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

incrementa excesivamente la temperatura en el borde interno del neumático, causando un excesivo desgaste. Por otra parte, en un kart, al no existir suspensiones, no se producen grandes caídas positivas, que haya que compensar, debido a las compresiones de suspensión como pasa en otros vehículos.

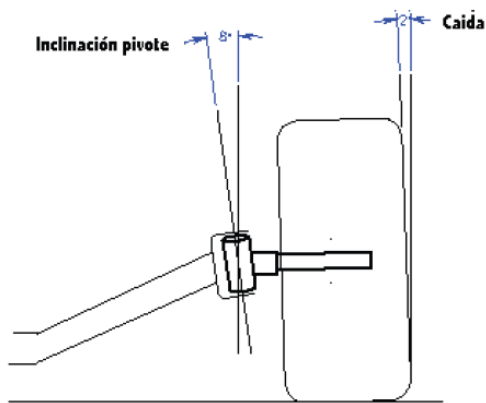
Poner cualquier clase de caída ocasiona un relativo peor rodaje en rectas ya que el neumático no apoya por igual, lo que ocasiona una resistencia y un desgaste desigual en las caras internas y externas de las gomas. Las caídas deben ser mantenidas en el mínimo necesario para conseguir el efecto deseado en curva. Por lógica, el reglaje se verá influido por el circuito a recorrer, más virado o con fuertes rectas.

La forma más apropiada de fijar la caída es medir la temperatura de las gomas después de unas cuantas vueltas rápidas. Conseguir un equilibrio de temperaturas- de las temperaturas ideales para el compuesto usado- en la banda de rodadura, con el borde interno muy ligeramente más caliente que el externo es el objetivo a conseguir.

Probando ligeras variaciones en caídas se puede conseguir un reparto de temperaturas más adecuado, trabajando siempre con valores muy pequeños.

En karts en los que no existan posibles ajustes del ángulo de caída, es posible conseguir modificarlo cambiando la inclinación, hacia adentro, del pivote de las manguetas de dirección. Siempre hay que tener en cuenta que el peso del piloto tenderá a provocar un aumento de la caída positiva por lo que los ajustes deberán compensarla. En cualquier caso, el reglaje de caídas es en la práctica un toque de perfección que necesita un piloto experimentado para su ajuste.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



AVANCE DEL PERNO DE DIRECCIÓN

El avance de dirección es otro de los ajustes de control direccional. Impacta en la respuesta a la variación de volante y al auto centrado de las ruedas o reacción a los cambios de dirección

El principio es el mismo que el que nos encontramos en los carros de la compra de un supermercado. El punto en el que la rueda toma contacto con el suelo está situado detrás de la vertical del eje de giro de la dirección de la rueda. Ello hace que, mientras que el carro se mueve adelante, las fuerzas implicadas hacen que la rueda sea "llevada " adelante detrás del punto del pivote de dirección (que "tira" de la rueda), provocando una auto alineación de la rueda. Si la rueda estuviera directamente bajo el pivote (sin avance) no habría fuerzas auto alineadoras que actuaran en la rueda y bambolearía incontrolable. Si las ruedas apoyan por detrás de la vertical del pivote de dirección, se dice que el avance es positivo. Si apoyan por delante el avance es negativo.

El avance positivo tiende a enderezar la rueda en la dirección de marcha y se emplea para mejorar la estabilidad en recta. La fuerza que hace que la rueda siga a la dirección es proporcional a la distancia entre ambas verticales. A mayor distancia, mayor fuerza. Lo que significa que un mayor avance ocasiona una mejor estabilidad pero, a su vez, necesita una mayor fuerza a

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

realizar para lograr un cambio de dirección, una mayor resistencia del volante. Un excesivo avance hace más pesada la dirección, así como más imprecisa en movimientos rápidos de volante.

Otra consecuencia del avance es la caída de ruedas, ya que introduce una caída negativa. También es dependiente del tamaño de la rueda. Cuanta más pequeña es la rueda, menor es el efecto, luego necesita mayor avance para conseguir el mismo control.

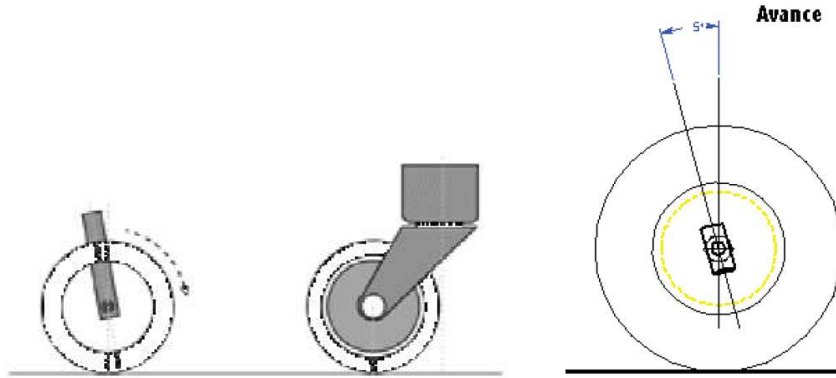
La mayor parte de los coches no son especialmente sensibles al ajuste de avance, que suele mantenerse entre 3 y 5 grados positivos, aunque siempre es aconsejable comprobar que los ángulos son iguales en las dos ruedas delanteras.

En un kart el efecto de avance se consigue por medio de la inclinación del pivote de dirección, de modo que el eje del pivote intercepte el suelo por delante del punto de contacto de la rueda. El ángulo entre la vertical de la rueda y el eje de dirección se conoce como ángulo de avance.

El avance se controla variando el grado de inclinación del pivote de dirección. Llevar el extremo superior del pivote hacia atrás produce mayor ángulo, más avance. Hacia adelante, menos avance. Bastantes karts tienen un avance fijo sin posibilidades de reglaje y existe una opinión de que la variación del reglaje ocasiona más problemas que los que resuelve. El fabricante tiene diseñado el avance idóneo y un kart, se argumenta, no es especialmente sensible a la variación.

Los chasis más sofisticados tienen la posibilidad de variación continua del avance mientras otros tienen tres o cuatro posiciones, todas con avance positivo. Cuanta menor inclinación tenga el pivote, menor será el avance y más rápida la respuesta al volante, aunque la estabilidad a alta velocidad se verá resentida.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

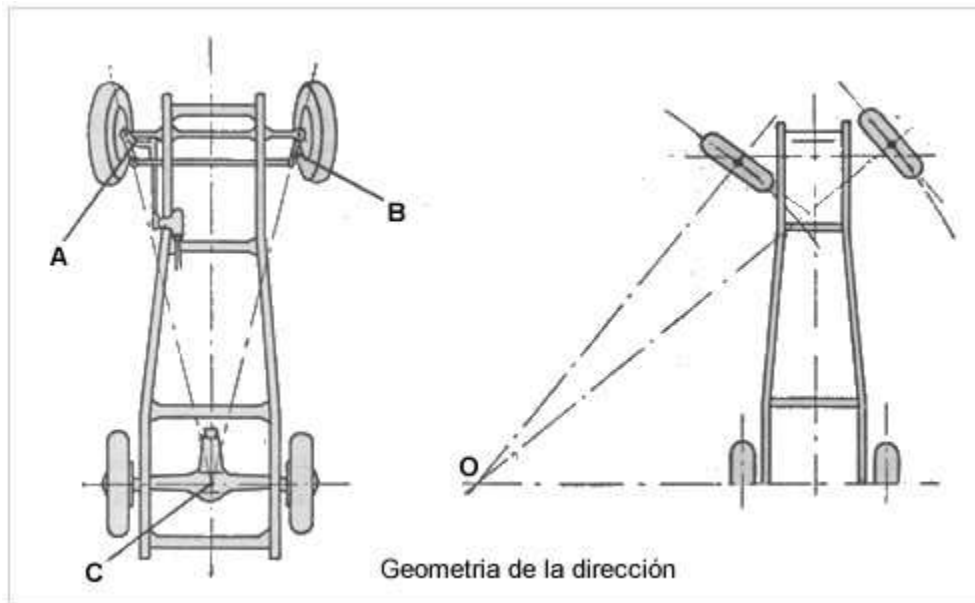


DIVERGENCIA DE LA DIRECCIÓN

Como las trayectorias a recorrer por la ruedas directrices son distintas en una curva (la rueda exterior ha de recorrer un camino más largo por ser mayor su radio de giro), la orientación que debe darse a cada una es distinta también (la exterior debe abrirse mas), y para que ambas sigan la trayectoria deseada, debe cumplirse la condición de que todas las ruedas del vehículo, en cualquier momento de su orientación, sigan trayectorias curvas de un mismo centro O (concéntricas), situado en la prolongación del eje de las ruedas traseras.

Para conseguirlo se disponen los brazos de acoplamiento A y B que mandan la orientación de las ruedas, de manera que en la posición en línea recta, sus prolongaciones se corten en el centro C del puente trasero o muy cerca de este.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



Esta solución no es totalmente exacta, sino que existe un cierto error en las trayectorias seguidas por las ruedas si se disponen de la manera reseñada. En la práctica se alteran ligeramente las dimensiones y ángulos formados por los brazos de acoplamiento, para conseguir trayectorias lo más exactas posibles. La elasticidad de los neumáticos corrige automáticamente las pequeñas variaciones de trayectoria.

Las ruedas traseras siguen la trayectoria curva, como ya se vio, gracias al diferencial (cuando el vehículo tiene tracción trasera), pero como en los karts no están permitidos los diferenciales, las ruedas traseras deslizarán en las curvas.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

4.5 Cadena de transmisión

La cadena de transmisión, también llamada línea motriz, es la encargada de transmitir el par desde el motor hasta las ruedas del vehículo. Los elementos de la transmisión son responsables en gran parte del comportamiento del vehículo, es decir, de sus prestaciones.



La cadena de transmisión la constituyen el conjunto de elementos dispuestos entre el motor y las ruedas del vehículo. En un automóvil estándar está compuesta por: cigüeñal, embrague, mecanismo de cambios, eje articulado, diferencial y semieje motriz.

En el caso de los karts la cadena de transmisión está formada simplemente por el cigüeñal, el embrague, el conjunto piñón corona y el eje trasero.

Todos los motores tienen un límite de revoluciones que no pueden sobrepasar sin que el motor se rompa. Esto es conocido como la “línea roja”. La transmisión te permite cambiar de marcha para que la relación entre el motor y las ruedas cambie a medida que aceleras o frenas. Esto permite al motor estar en todo momento por debajo de la “línea roja”, manteniendo las revoluciones óptimas por minuto para el motor.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Los karts generalmente no tienen diferencial, que es un mecanismo que posee varios engranajes permitiendo a las ruedas rotar a diferentes velocidades. Sin diferencial, un kart no es capaz de tomar un giro brusco. Para contrarrestar este problema, una de las ruedas traseras tiene que poder entrar deslizando cuando estás en una curva cerrada. Esto a menudo se consigue construyendo el chasis para que la rueda trasera interior pueda levantarse ligeramente cuando tomas la curva. Esto hace que la rueda pierda un poco de tracción y pueda pasar la curva deslizando si es necesario.

La potencia se transmite del motor al eje trasero mediante una cadena. La mayoría de los karts al principio tenían transmisión directa, pero los más modernos tienden a tener embrague. El embrague ha llegado a ser la pieza clave en muchas competiciones de kart, y desde el año 2007 el uso de embrague ha pasado a ser obligatorio.

La transmisión juega un papel muy importante manteniendo el mayor número posible de revoluciones por minuto en el motor, mientras controla que no se sobrecaliente y acabe explotando.

En karts sin cambios la elección de una relación adecuada es un factor clave para el rendimiento en competición. La razón entre el número de dientes del piñón del motor y la corona en el eje trasero condiciona dos aspectos clave: la velocidad punta a fondo de recta y la capacidad de aceleración.

RELACIÓN

En efecto, al efectuarse la transmisión por la cadena cada diente del piñón fuerza el recorrido de un eslabón de la misma y "tira" de otro diente de la corona. Al ser la corona más grande que el piñón son necesarias varias revoluciones de motor para que las ruedas giren una vuelta. Es la relación de desmultiplicación. En karts se funciona siempre con marchas "cortas" para garantizar una aceleración adecuada.

Como pasa en cualquier otro vehículo, desde los coches a las bicicletas, cuanto más "corta" sea una marcha, cuanta más desmultiplicación exista

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

(primera o segunda velocidad), se dispondrá de mayor capacidad de aceleración, mejor tracción pero menor velocidad punta. Cuanto más larga - menor desmultiplicación- (cuarta o quinta) mejor velocidad punta y peor aceleración.

Para calcular la relación de desarrollo se deben contar los dientes del piñón y de la corona y realizar el siguiente cálculo:

Ejemplo: dientes corona 87/dientes piñón 11 = 7,909

Podríais haber obtenido la misma relación con una corona de 79 y piñón de 10.

Si ahora mantenéis la misma corona (87) pero cambiando el piñón a una con menos dientes como 10, la relación se incrementa (10/87) a 8,7. El kart experimentará una mejor aceleración y el motor se revolucionará más aunque disminuirá la velocidad punta.

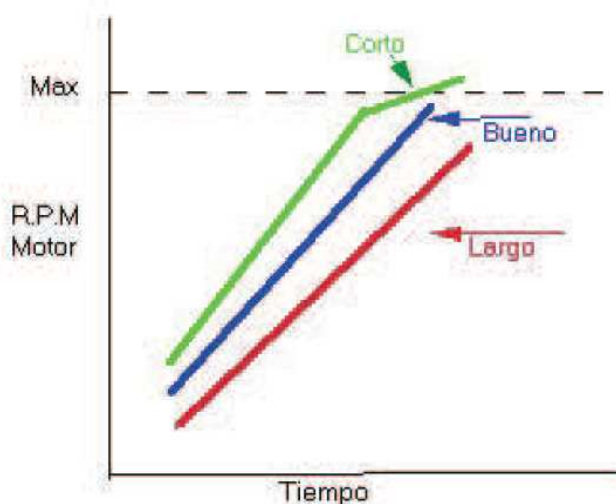
Consideremos dos relaciones posibles: la corta puede ser un piñón de 9 dientes y una corona de 81 dientes (un 9/81), una relación de 1:9. La larga con 11/77 da una relación de 1:7. Con un motor girando a 20.000 r.p.m., y suponiendo que la rueda recorra 1 metro por vuelta obtendríamos una velocidad punta de 133,33 Km/h en el caso de la marcha corta y 171 Km/h en el de la relación larga, suponiendo que lográramos revolucionarlo antes de alcanzar el fondo de la recta. Sin embargo, a la salida de la curva, para una misma velocidad de 60 km/h. el motor va a 9.000 r.p.m. con la relación corta mientras que con la relación larga está a 7.000 r.p.m. Con motores cuyo par máximo está sobre las 12.000 tendremos una importante pérdida de aceleración.

Es lo mismo que experimentaríamos en un turismo saliendo de la curva en segunda velocidad y acelerando o en cuarta con el motor prácticamente ahogado.

ELECCIÓN

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

La falta de cambio implica una elección de compromiso entre la aceleración y la velocidad punta. Lo que se gana por un lado se pierde por el otro y, frecuentemente, no resulta fácil elegir.



En definitiva, lo importante es recorrer el trazado completo en el menor tiempo. Para el mejor control posible es esencial un tacómetro y los equipos más sofisticados usan sistemas de adquisición de datos para la lectura de las revoluciones de motor a lo largo de todo el circuito, lo que resulta difícil sin estos sistemas. Sin embargo, hay dos puntos principales en los que el control de las revoluciones de motor es esencial: la salida de la curva más cerrada y el fondo de la recta principal. El primero fija el punto en que el motor está al mínimo de revoluciones y el segundo indica el máximo. Y la idea es obtener la lectura máxima posible en ambos casos para la misma vuelta al circuito.

Si el motor no se acerca al máximo de revoluciones admisible -sin gripar- en el punto de frenada de la recta más larga, la relación es demasiado larga, la corona es excesivamente pequeña.

En efecto, si nos queda capacidad de motor, todavía podíamos haber recorrido un trozo de recta en aceleración. Con una relación más corta podríamos comenzar y terminar la recta con revoluciones más altas y con mejor aceleración compensando la pérdida de velocidad punta debida a la

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

relación. Por ende, posiblemente la aceleración a la salida de la curva más cerrada del circuito esté siendo bastante escasa.

Si, por el contrario, por el afán de garantizar la aceleración se coloca una corona muy grande, una relación muy corta, obtendríamos una fulgurante salida en las curvas pero se llegaría al máximo de revoluciones mucho antes de la frenada, si no se sobre revoluciona y rompe el motor lo que, por otra parte, constituye el riesgo más evidente. Pero, incluso sin romper, la relación corta implica una velocidad punta más reducida que se mantendría por una serie de metros en la recta que podían haber sido recorridos a mayor velocidad con una relación algo más larga.

Entre uno y otro extremo se encuentra la elección apropiada pero siempre puede haber una indeterminación entre relaciones cercanas. Una variación de dos o tres dientes puede no terminar de estar clara. El cronometro debe decidir pero la regla que hemos encontrado más satisfactoria es: La relación idónea es la más larga posible que permita la adecuada aceleración a la salida de las curvas más lentas. Permite mejor velocidad punta y fatiga menos al motor.

FACTORES

Los factores principales que condicionan la elección del desarrollo adecuado son:

- **El trazado del circuito.** Cada circuito tiene sus diferentes curvas, más o menos cerradas, y rectas, más largas o cortas. Un circuito muy virado requiere desarrollos más cortos - coronas grandes- que un trazado más rápido. Quizás el circuito complicado para la elección sea aquel circuito rápido que, sin embargo, tenga un par de curvas muy lentas.
- **El peso.** Influye poderosamente en la aceleración y obligara a desarrollos más cortos si se sobrepasan los límites de la categoría.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- **La curva de par del motor.** No todos los motores, aunque se encuentran muy parejos, tienen la misma capacidad de aceleración ni a las mismas revoluciones. Dependiendo del trazado puede ser preferible un motor con un límite menor de revoluciones pero con mejor par lo que permite desarrollos más largos y compensar la velocidad punta
- **El estado del suelo, de los neumáticos, de la temperatura.** Como estas variables influyen en el agarre, varían la velocidad de paso por curva y, en consecuencia, la de salida de la misma, lo que puede obligar a reajustar el desarrollo para optimizarlo.
- **El estilo de pilotaje, la trazada.** En cualquier caso, es necesario estudiar concienzudamente donde se encuentran los puntos críticos de pérdida de tiempo en el circuito. Hay que saber cuánto se gana y cuánto se pierde en cada caso, si se tiende hacia desarrollos cortos o largos, y a partir de ahí seleccionar la relación adecuada.

CARRERA

Puede ser que la relación idónea para obtener los mejores tiempos, la utilizada en las vueltas cronometradas, no sea la más adecuada para carrera y sea preciso subir o bajar uno o dos dientes. Aquí ya no cuenta tanto el mejor tiempo sino cómo se comporta el kart frente al de los rivales. Si se sale muy bien de la curva lenta pero la diferencia de velocidad punta frente a rivales con desarrollos más largos posibilita ser adelantados en cualquier recta, poner uno o dos dientes adicionales puede resultar apropiado. O todo lo contrario, puede ser adecuado quitarlos si se pierde la posición merced a una mejor aceleración de los rivales y no podemos compensarla a fondo de recta.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Relación y Desarrollo

Desarrollo -----	Corto	Largo
Piñón motor	- Dientes	+ Dientes
Corona eje	+ Dientes	- Dientes
Aceleración	Rápida	Lenta
Velocidad punta	Disminuye	Aumenta

Factores

Desarrollo -----	+ Corto	+ Largo
Circuito	Virado	Rápido
Peso	+ Peso	- Peso
Par motor	Poco	Mucho

Tabla de Desarrollos

**** Coronas en vertical. Piñones en horizontal ****

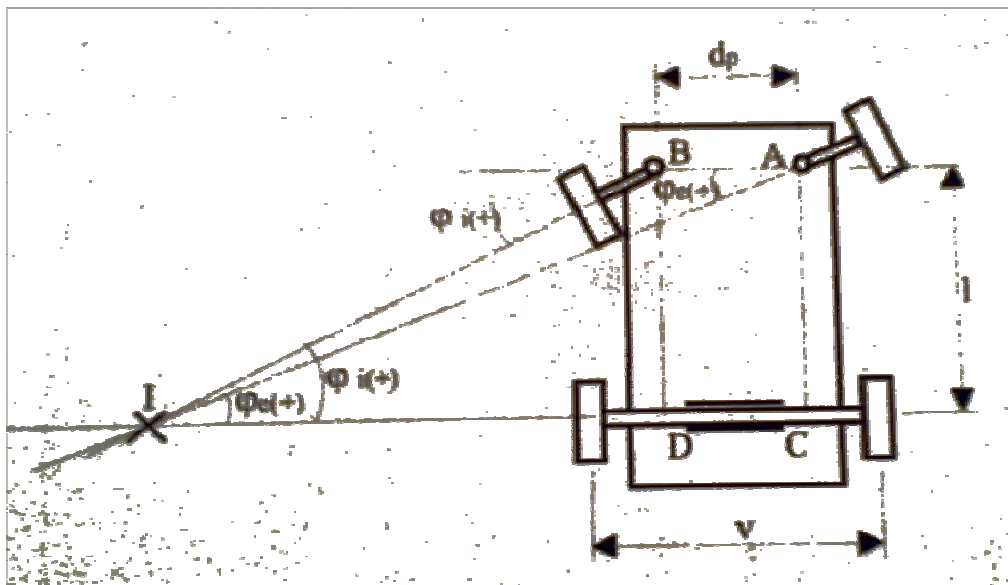
	9	10	11	12	13
76	8.444	7.600	6.909	6.333	5.846
77	8.556	7.700	7.000	6.417	5.923
78	8.667	7.800	7.091	6.500	6.000
79	8.778	7.900	7.182	6.583	6.077
80	8.889	8.000	7.273	6.667	6.154
81	9.000	8.100	7.364	6.750	6.231
82	9.111	8.200	7.455	6.833	6.308
83	9.222	8.300	7.545	6.917	6.385
84	9.333	8.400	7.636	7.000	6.462
85	9.444	8.500	7.727	7.083	6.538
86	9.556	8.600	7.818	7.167	6.615
87	9.667	8.700	7.909	7.250	6.692
88	9.777	8.800	8.000	7.333	6.769
89	9.888	8.900	8.090	7.416	6.846
90	10.000	9.000	8.181	7.500	6.923

6. ANÁLISIS DE COMPONENTES

6.1 Dirección

La dirección de un vehículo es el conjunto de mecanismos que permiten maniobrar el mismo y, las soluciones empleadas para el confort y seguridad de la conducción.

En este apartado se calcula la divergencia teórica y la curva de error de la dirección. Para conseguir que cuando un vehículo realice una operación de viraje tenga un único centro instantáneo de rotación, el ángulo girado por la rueda exterior (φ_e) y el ángulo girado por la rueda interior (φ_i) deben cumplir ciertas condiciones.



$$\operatorname{tg}(\varphi_i) = \frac{l}{DI}$$

$$\operatorname{tg}(\varphi_e) = \frac{l}{DI + d_p}$$

$$\operatorname{cotg}(\varphi_e) - \operatorname{cotg}(\varphi_i) = \frac{d_p}{l}$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

El cálculo resuelto ha sido el de giro a la izquierda cuya rueda interior es la izquierda. El cálculo de giro a la derecha es completamente idéntico, teniendo siempre en cuenta que para este segundo caso la rueda interior será la derecha, siendo válidos los cálculos realizados en giro a izquierda para la rueda izquierda, con la matización de la simetría especular que presentan ambas ruedas.

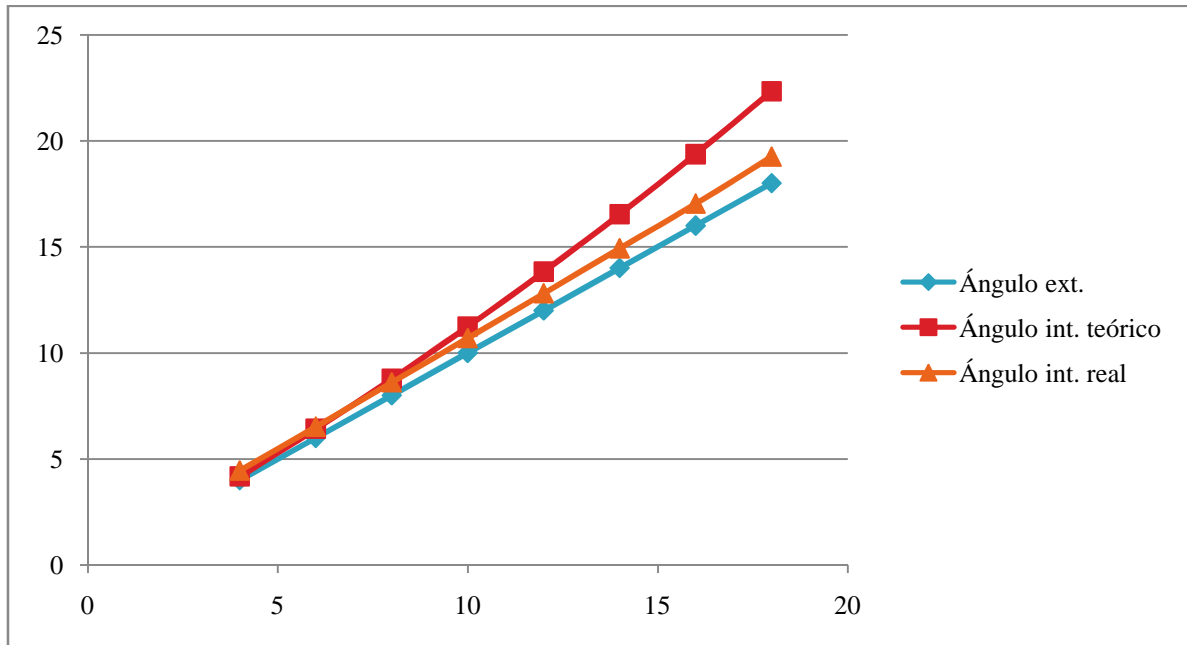
Para la determinación de los elementos de la dirección, se deberá calcular la curva de error, y minimizar el error en la zona de mayor riesgo, que coincide con la toma del vehículo de pequeños giros a alta velocidad.

En primer lugar se dan valores al ángulo de la rueda exterior, en este caso de 2 a 18 grados. Luego gracias a las fórmulas se deduce el ángulo interior teórico, y midiendo en el modelo en 3D del kart, se obtiene el ángulo interior para cada ángulo que gira la rueda exterior. Así:

Distancia entre pivotes	dp (mm)	670
Batalla	l (mm)	1040

Ángulo exterior		Ángulo interior teórico		Ángulo interior real	
Grados	Radianes	Grados	Radianes	Grados	Radianes
2	0,035	2,046	0,036	2,292	0,040
4	0,070	4,188	0,073	4,450	0,078
6	0,105	6,432	0,112	6,520	0,114
8	0,140	8,785	0,153	8,610	0,150
10	0,175	11,251	0,196	10,700	0,187
12	0,209	13,836	0,241	12,810	0,224
14	0,244	16,544	0,289	14,930	0,261
16	0,279	19,378	0,338	17,040	0,297
18	0,314	22,340	0,390	19,250	0,336

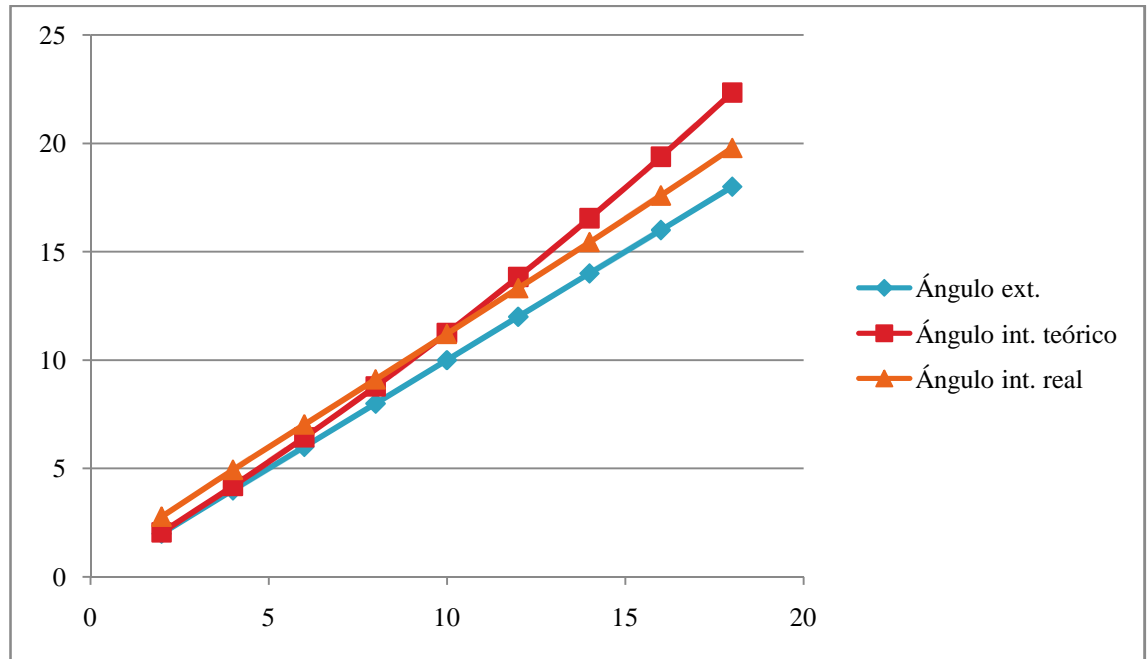
ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



Como se puede observar el error para grandes giros es bastante grande, en cambio para giros pequeños se ajusta bastante bien. Para intentar solucionar este problema, se acorta en el modelo en 3D las varillas de dirección 5 milímetros, y el resultado es el siguiente.

Ángulo exterior		Ángulo interior teórico		Ángulo interior real	
Grados	Radianes	Grados	Radianes	Grados	Radianes
2	0,035	2,046	0,036	2,779	0,048
4	0,070	4,188	0,073	4,940	0,086
6	0,105	6,432	0,112	7,030	0,123
8	0,140	8,785	0,153	9,110	0,159
10	0,175	11,251	0,196	11,210	0,196
12	0,209	13,836	0,241	13,320	0,232
14	0,244	16,544	0,289	15,440	0,269
16	0,279	19,378	0,338	17,590	0,307
18	0,314	22,340	0,390	19,780	0,345

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



En este caso para pequeños giros el ángulo interior es mayor que el teórico, lo cual da lugar a un mayor error que en el primer caso, pero para grandes giros el error es menor que en el caso anterior. Y para giros de entre 8 y 12 grados el error cometido es mínimo.

En la siguiente tabla se muestra el error cometido en tanto por ciento en cada caso:

Grados	Error cometido en %	
	1º Caso	2º Caso
2	10,74	26,37
4	5,89	15,22
6	1,35	8,50
8	2,03	3,57
10	5,15	0,36
12	8,01	3,87
14	10,81	7,15
16	13,72	10,16
18	16,05	12,94

Por tanto el ajuste que se ha llevado a cabo mejora el error cometido para grandes giros pero empeora drásticamente el error cometido para giros

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

más pequeños. Como se ha explicado anteriormente es muy importante minimizar el error cuando el kart va a altas velocidades y realiza giros pequeños, ya que las curvas cerradas en los circuitos de karts se toman con el vehículo derrapando. El ajuste que se ha hecho en las varillas es erróneo. La primera configuración de las varillas proporciona giros muy seguros en el rango de 2 a 8 grados, que es donde realmente se necesita minimizar el error.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

6.2 Frenos

El sistema encargado de detener el kart cuando está en movimiento son los frenos. Para comprobar si los frenos instalados en el kart son adecuados deberán pasar una serie de pruebas y ensayos:

Condiciones de Ensayo

- El ensayo se debe realizar con los frenos fríos, es decir, sin haberlos utilizado al menos en los 20 minutos anteriores al ensayo.
- Los neumáticos deben estar inflados a la presión máxima recomendada por el fabricante.
- La pista de ensayo debe ser de asfalto, estar completamente seca y limpia, y ser horizontal (pendiente $\leq 1\%$).
- El conductor debe pesar $75 \text{ kg} \pm 5 \text{ kg}$.
- La velocidad del viento no debe superar los 3 m/s

Metodología del ensayo

- El kart debe aproximarse al comienzo de la zona de frenado a una velocidad V , de 40 km/h
- Al llegar al comienzo de la zona de frenado, se libera el acelerador y se actúa con una fuerza de 30dN sobre el pedal del freno.
- Se mide la distancia hasta la detención total y/o la deceleración.
- Se debe repetir el ensayo al menos dos veces, y calcular la media de los valores medidos.
- La distancia de frenado, S , debe ser:

$$S \leq 0.1V + V^2/115$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

- La deceleración media resultante debe ser mayor o igual a 4.4 m/s²

Si cualquiera de estos dos requisitos, de distancia o de deceleración, no se satisface, debe considerarse que el kart no supera el ensayo.

Resultados del ensayo

FORMULACIÓN

Fuerza sobre cada pastilla

$$T = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P_h$$

Donde d es el diámetro del bombín del freno, y P_h es la presión hidráulica del líquido de freno.

Superficie de una pastilla de freno

$$S = \int_0^\alpha \int_{r_i}^{r_e} r \cdot d\theta \cdot dr = \int_0^\alpha \left(\frac{r_e^2 - r_i^2}{2} \right) \cdot d\theta = \frac{\alpha(r_e^2 - r_i^2)}{2}$$

Donde α es el ángulo que abarca la pastilla sobre la superficie del disco y r_e y r_i son el radio exterior e interior respectivamente.

Presión entre pastillas y disco

$$p = T/S$$

Fuerza normal ejercida por la pastilla

$$Fn = \frac{p \cdot \alpha(r_e^2 - r_i^2)}{2}$$

Par de frenada

$$dFn = p \cdot dS$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

$$dF_t = \varphi \cdot p \cdot dS$$

Donde φ es el coeficiente de rozamiento entre pastilla y disco

$$dM = r \cdot \varphi \cdot dS$$

$$M = \int_0^\alpha \int_{r_i}^{r_e} \varphi \cdot p \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\theta = \frac{\alpha \cdot \varphi \cdot p (r_e^3 - r_i^3)}{3}$$

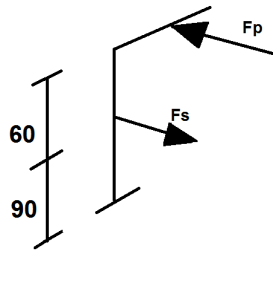
Al haber 2 pastillas,

$$Md = 2 \cdot \frac{\alpha \cdot \varphi \cdot p (r_e^3 - r_i^3)}{3}$$

CÁLCULO DE LOS FRENOS

Según la normativa, la fuerza ejercida en el pedal ha de ser de 30dN, es decir de 300N. Pero antes de llegar al bombín del freno se producen varias multiplicaciones por regla de palanca.

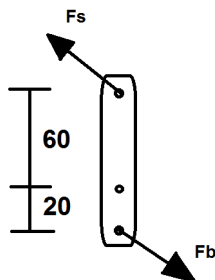
PEDAL



Donde F_p es la fuerza ejercida sobre el pedal y F_s es la fuerza de la sirga.

$$F_s = \frac{F_p \cdot (60 + 90)}{90} = 500N$$

Después, la sirga tira de un elemento que hace de palanca de la siguiente manera:



Donde F_b es la fuerza sobre el bombín del freno

$$F_b = \frac{F_s \cdot 60}{20} = 1500N$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Por tanto la fuerza que nos llega al primer bombín es de 1500N. Teniendo en cuenta que dicho bombín tiene un radio de 12mm, la presión del líquido de frenos será:

$$p = \frac{Fb}{Ab} = \frac{1500}{\pi \cdot 12^2} = 3,316N/mm^2$$

La presión dentro del circuito es constante, por tanto el líquido empujará a otros 2 bombines de freno, que tienen 14mm de radio, los cuales ejercerán cada uno una fuerza

$$Fp = Ab' \cdot p = \pi \cdot 14^2 \cdot 3,316 = 2041N/bombín$$

Ahora necesitamos saber la superficie de las pastillas de freno.

$$r_e = 90mm$$

$$r_i = 60mm$$

$$\alpha = 55^\circ = 0,305\pi \text{ rad.}$$

$$Ap = \frac{0,305\pi \cdot (90^2 - 60^2)}{2} = 2155,9 \text{ mm}^2$$

Por tanto la presión que ejercen las pastillas sobre el disco es

$$pd = \frac{Fp}{Ap} = \frac{2041}{2155,9} = 0,947N/mm^2$$

Y ahora podemos calcular el par de frenada en el eje

$$\phi=0,3$$

$$M = \frac{0,305\pi \cdot 0,3 \cdot 0,947 \cdot (90^3 - 60^3)}{3} = 46.549,7Nmm$$

Al haber 2 pastillas,

$$Md = 2 \cdot M = 93.099,4Nmm$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Para calcular la fuerza de frenado en las ruedas dividimos el par en el eje por el radio de la rueda

$$R = 130 \text{ mm}$$

$$Fr = \frac{Md}{R} = \frac{93.099,4}{130} = 716,15N$$

Calculamos la deceleración del kart

$$M=135\text{kg}$$

$$Fr = m \cdot \gamma$$

$$\gamma = \frac{716,15}{135} = 5,3m/s^2$$

El tiempo que tarda el kart en pararse yendo a una velocidad inicial de 40km/h es

$$V_0 = 40\text{km/h} = 11,1 \text{ m/s}$$

$$V = V_0 - \gamma \cdot t$$

$$t = \frac{0 - 11,1}{-5.3} = 2.09 \text{ s}$$

La distancia que recorre el kart en este tiempo de frenada es

$$s = s_0 + V_0 \cdot t - \gamma \cdot \frac{t^2}{2} = 0 + 11,1 \cdot 2.09 - 5.3 \cdot \frac{2.09^2}{2} = 11.62m$$

Según la normativa, el kart debe frenarse en una distancia marcada por la siguiente fórmula:

$$S \leq 0.1V + V^2/115$$

Sustituyendo la V por 40km/h que es la velocidad inicial del kart, el kart debe detenerse antes de 17,91m.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Por tanto quiere decir que el kart está dentro de la normativa, ya que la deceleración es mayor de $4,4 \text{ m/s}^2$, y la distancia de frenado es menor de los 17,91m.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

6.3 Suspensión

En un kart cualquier dispositivo de suspensión, elástica o articulada, está prohibido, por tanto los únicos elementos que ejercerán el papel de la suspensión serán los neumáticos y el chasis.

Se va a calcular la frecuencia de oscilación que proporcionan los neumáticos al kart completo. Para empezar es necesario calcular la constante de rigidez de cada neumático:

Para ello se mide la distancia que bajan los neumáticos al poner un peso encima. En este caso 90 Kg.

$$K_{eqv} = \frac{Peso}{\delta} = \frac{900N}{0,3mm} = 3000 \frac{N}{mm} = 3000000 N/m$$

Como el kart tiene 4 ruedas, la rigidez de cada neumático es:

$$K = \frac{K_{eqv}}{4} = 750000 \frac{N}{m}$$

Una vez que tenemos la constante de rigidez se calcula la frecuencia angular:

$$W = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{3000000 N/m}{90 Kg}} = 182,57 \frac{rad}{s}$$

Para convertir las unidades en hercios hay que dividir por 2 y por pi:

$$f = \frac{w}{2\pi} = \frac{182,57}{2\pi} = 29.05 Hz$$

La frecuencia de oscilación resultante es muy alta, por tanto es una suspensión extremadamente dura y no es capaz de absorber las posibles irregularidades del suelo para garantizar la comodidad del piloto.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

El valor de la frecuencia de oscilación de los automóviles es generalmente menor de 1 hercio, mientras que en el kart es de 29,05 hercios. Esto quiere decir que la suspensión que proporcionan los neumáticos es prácticamente inapreciable.

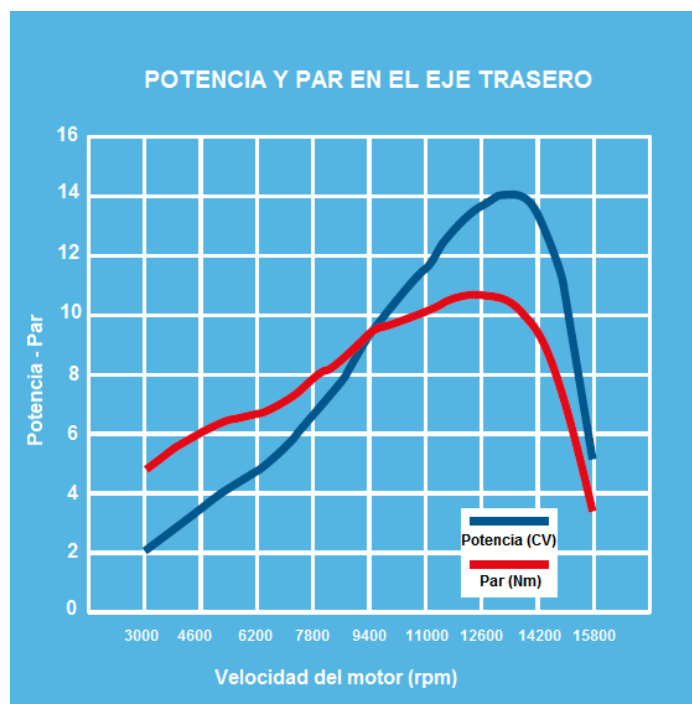
ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

6.4 Prestaciones

El motor es el principal componente a la hora de obtener unas buenas prestaciones del vehículo automóvil, él va a ser la fuente encargada de entregar a la cadena de transmisión el par y la potencia necesarios para cualquier requerimiento que exija el vehículo.

En el apartado de prestaciones se calcularán determinadas características del kart tales como velocidad máxima, aceleración, o pendiente máxima superable.

Para realizar los cálculos lo primero que se necesita es la gráfica de potencia y par del motor, que es la siguiente:



Gracias a esta gráfica podemos deducir a que número de revoluciones tienen lugar la máxima potencia y el máximo par del motor. La siguiente tabla resume las características principales del motor.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Fabricante	IAME Motor - Parilla
Modelo	Puma 85cc
Encendido	Eléctrico
Potencia máxima	14 CV a 13500 rpm
Par máximo	10.8 Nm a 12000rpm
Sistema de refrigeración	Aire
Mezcla de combustible	6%
Sistema de admisión	Puerto del pistón
Sistema de transmisión	Transmisión en lado derecho
Carburador	Tillotson HL 334 B
Encendido	Eléctrico

Por tanto ya conocemos las revoluciones a las que se produce el máximo par, y a las que se produce la máxima potencia.

El máximo par es el punto en el que el kart tiene más fuerza, por tanto donde también es el punto donde se consigue una mayor aceleración, y donde se pueden subir las mayores pendientes.

La máxima potencia indica que el motor está al máximo de sus posibilidades, y a partir de este punto si se aumentan las revoluciones se podrían provocar fallos o incluso la rotura del motor. A máxima potencia el kart alcanzará su velocidad máxima.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.4.1 Cálculo de velocidad máxima en llano.

Para determinar la velocidad máxima que puede alcanzar el kart es necesario hacer dos comprobaciones. Primero se analiza la velocidad máxima por condiciones de potencia de motor y resistencia total al avance, y en segundo lugar se calcula la velocidad máxima por las relaciones que tienen lugar en la cadena de transmisión.

FORMULACIÓN

$F_m - R_t = m \cdot a$, donde F_m es la fuerza motriz, R_t es la resistencia total al avance, m es la masa y a es la aceleración.

$F_m \text{ (Kgf)} = \frac{P(CV) \cdot 75 \cdot \mu_t}{V}$, donde P es la potencia, μ es el rendimiento de la transmisión, y V la velocidad en m/s.

$R_T = R_r + R_a + R_p$, donde R_r es la resistencia a la rodadura, R_a es la resistencia del aire, y R_p es la resistencia por pendiente.

$R_r = \mu_r \cdot P_{om}$, donde μ_r es la resistencia a la rodadura, y P_{om} es el peso en orden de marcha.

$R_a = \frac{C_x \cdot S_{aer.ef}}{16} \cdot V^2$, donde C_x es el coeficiente aerodinámico, $S_{aer.ef}$ es la superficie aerodinámica efectiva, y V es la velocidad.

$R_p = P_{om} \cdot n$, donde P_{om} es el peso en orden de marcha y n es la pendiente respecto a la horizontal en tanto por 1.

$V_{max} = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60}$, donde n son las revoluciones a máxima potencia, R es el radio de la rueda, y r_i es la relación de transmisión.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

1º Condiciones de motor y resistencia al avance

DATOS

$$P = 14 \text{ CV}$$

$$Pom = 135 \text{ Kg}$$

$$\mu_t = 0.9$$

$$Cx = 0.85$$

$$\mu_r = 0.015$$

$$Saer.ef = 1,5 \cdot 0.9 \cdot 0.7 = 0,945 \text{ m}^2$$

La máxima velocidad se alcanza cuando la capacidad de aceleración del vehículo es nula:

$$F_m - R_t = m \cdot a = 0$$

Por tanto, la máxima velocidad se obtiene cuando:

$$F_m = R_t$$

$$F_m \text{ (Kgf)} = \frac{P(CV) \cdot 75 \cdot \mu_t}{V}$$

$$R_T = R_r + R_a + R_p$$

$$\frac{P(CV) \cdot 75 \cdot \mu_t}{V} = \mu_r \cdot Pom + \frac{Cx \cdot Saer.ef}{16} \cdot V^2$$

Sustituyendo los valores

$$\frac{14 \cdot 75 \cdot 0.9}{V} = 0.015 \cdot 135 + \frac{0.85 \cdot 0.945}{16} \cdot V^2$$

$$945 = 2,025 \cdot V + 0,05 \cdot V^3$$

$$V_{max} = 26,14 \text{ m/s} = 94,104 \text{ Km/h}$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

2º Relaciones de transmisión

DATOS

$n_{\text{máx. potencia}} = 13500 \text{ rpm}$

$r_i = 9$

$R = 0.13 \text{ m}$

$$V_{\text{max}} = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60}$$

$$V_{\text{max}} = \frac{13500 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.13}{9 \cdot 60}$$

$$V_{\text{max}} = 20,42 \text{ m/s} = 73,5 \text{ Km/h}$$

CONCLUSIÓN

La velocidad máxima que podría alcanzar el kart por condiciones de resistencia es 94,1 Km/h, pero debido a la configuración de la cadena de transmisión, la velocidad máxima se reduce a 73,5 Km/h.

La cadena de transmisión en el kart está compuesta únicamente por 2 engranajes unidos con una cadena, que dan una relación de transmisión de 9. Para conseguir aumentar la velocidad de kart hasta el máximo podríamos cambiar uno de los engranajes, de forma que la relación de la transmisión disminuya:

Relación de transmisión actual: $90/10 = 9$

Solución propuesta: $70/10 = 7$

Con una relación de transmisión de 7 la formula quedaría de la siguiente manera:

$$V_{\text{max}} = \frac{13500 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.13}{7 \cdot 60} = 26.25 \text{ m/s} = 94.51 \text{ Km/h}$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Así podríamos alcanzar la máxima velocidad que nos permite el motor que tiene instalado el kart, aunque también hay que añadir que como se ha comentado en el apartado 5.5, el aumento de la velocidad máxima por modificación de los engranajes implica un descenso de la capacidad de aceleración del kart.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.4.2 Cálculo de aceleración máxima en llano

Para realizar el cálculo de la aceleración máxima es conveniente hacer una tabla como la que se presenta a continuación.

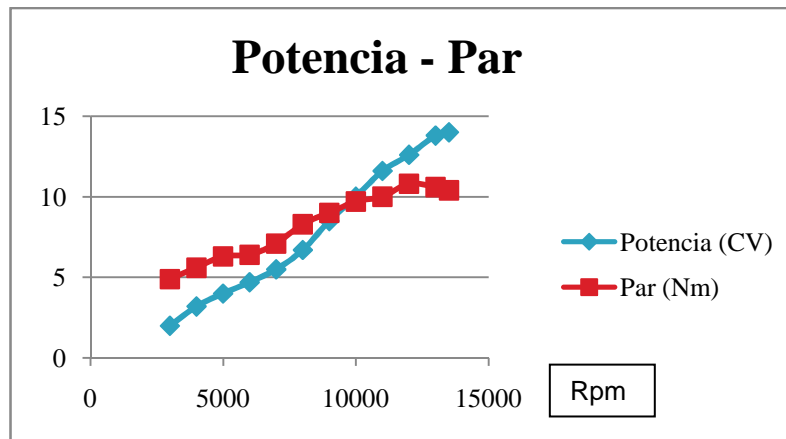
Pto	Potencia (CV)	Par (Nm)	Par (kgfm)	n (rpm)	V (m/s)	V (km/h)	Fm (kgf)	R _T (kgf)	γ (m/s ²)	1/ γ (m/s ²)	Tiempo (s)	T.acum (s)	S (m)	S.acum (m)
1	2	4,90	0,50	3000	4,54	16,34	31,12	3,06	1,96	0,51	1,50*	1,50	2,30	2,30
2	3,2	5,60	0,57	4000	6,05	21,78	35,57	3,86	2,22	0,45	0,73	2,23	3,85	6,15
3	4	6,30	0,64	5000	7,56	27,23	40,01	4,90	2,45	0,41	0,65	2,88	4,42	10,57
4	4,7	6,40	0,65	6000	9,08	32,67	40,65	6,16	2,41	0,41	0,62	3,50	5,18	15,75
5	5,5	7,10	0,72	7000	10,59	38,12	45,10	7,65	2,62	0,38	0,60	4,10	5,93	21,67
6	6,7	8,30	0,85	8000	12,10	43,56	52,72	9,38	3,03	0,33	0,54	4,64	6,11	27,79
7	8,5	9,00	0,92	9000	13,61	49,01	57,16	11,33	3,20	0,31	0,49	5,13	6,25	34,04
8	10	9,70	0,99	10000	15,13	54,45	61,61	13,51	3,36	0,30	0,46	5,59	6,63	40,66
9	11,6	10,00	1,02	11000	16,64	59,90	63,51	15,92	3,33	0,30	0,45	6,04	7,19	47,85
10	12,6	10,80	1,10	12000	18,15	65,35	68,60	18,57	3,50	0,29	0,44	6,48	7,72	55,57
11	13,8	10,60	1,08	13000	19,66	70,79	67,33	21,44	3,21	0,31	0,45	6,94	8,55	64,12
12	14	10,40	1,06	13500	20,42	73,51	66,06	22,96	3,01	0,33	0,24	7,18	4,88	69,00

*Es el tiempo de arranque. Se ha considerado 1,5 segundos.

CURVA POTENCIA – PAR

Lo primero que hay que hacer es dividir la gráfica de par y potencia en varias partes. En este caso se han elegido 10 tramos de 1000 rpm, y un tramo de 500 rpm, empezando desde los 3000 hasta los 13500. Para cada uno de esos puntos se mira el par y la potencia que proporciona mediante la gráfica, y se anota en la tabla. En la gráfica el par está expresado en Nm, y para pasarlo a Kgf hay que dividirlo por 9,81.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



En esta gráfica solo se han representado las curvas hasta 13500rpm, debido a que son las máximas permitidas por el motor. A partir de este punto la potencia y el par caen en picado, y este tramo se considera fuera de uso.

Lo siguiente que calcularemos es la velocidad en cada punto. Para ello aplicamos la fórmula que ya hemos utilizado anteriormente:

$$V(\text{m/s}) = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60} \quad (R = 0.13 \text{ m}, r_i = 9)$$

Con esta fórmula obtenemos la velocidad en m/s, y para convertirla en Km/h hay que multiplicar por el factor 3,6:

$$V(\text{Km/h}) = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60} \cdot 3,6$$

CURVAS MOTRIZ Y RESISTENTE: $F_m - V$ y $R_T - V$

A continuación se ha calculado la fuerza motriz (F_m), y la resistencia total al avance (R_T), utilizando las fórmulas que hemos empleado en el cálculo de velocidad por condiciones de motor y resistencia al avance:

$$F_m (\text{Kef}) = \frac{P(\text{CV}) \cdot 75 \cdot \mu_t}{V} \quad (\mu_t = 0.9)$$

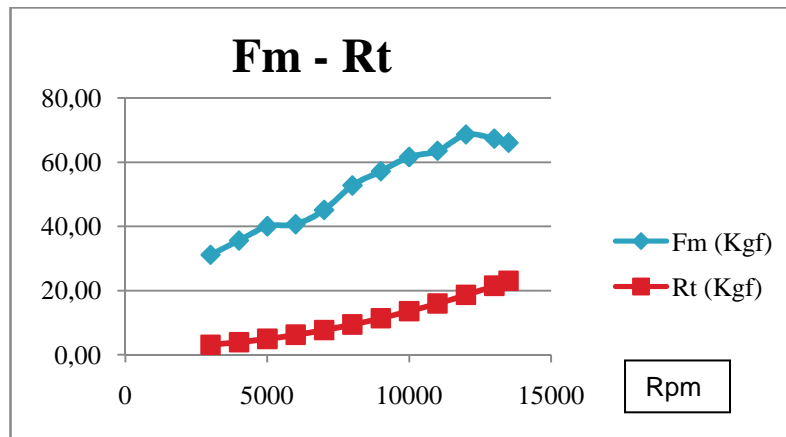
$$R_T = R_r + R_a + R_p$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

$$R_r = \mu_r \cdot P_{om}$$

$$R_a = \frac{C_x \cdot S_{aer} \cdot \rho \cdot V^2}{16}$$

$R_p = 0$, ya que calculamos la aceleración en llano.



La gráfica muestra que la fuerza motriz del vehículo aumenta a medida que aumentan las revoluciones hasta 12000, luego disminuye. En un vehículo de calle lo normal es alcanzar la máxima fuerza motriz a bajas revoluciones (en 1º marcha), y conforme aumentan las revoluciones va disminuyendo la fuerza.

En el kart es diferente por motivos de adherencia, ya que si tuviera más fuerza a bajas revoluciones el kart patinaría, y siempre que hay deslizamiento se pierde velocidad.

La resistencia total aumenta a medida que aumentan las revoluciones, ya que pese a que la resistencia a la rodadura se considera constante, la resistencia aerodinámica aumenta exponencialmente conforme aumentamos la velocidad del kart.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

CURVA $1/\gamma - V$

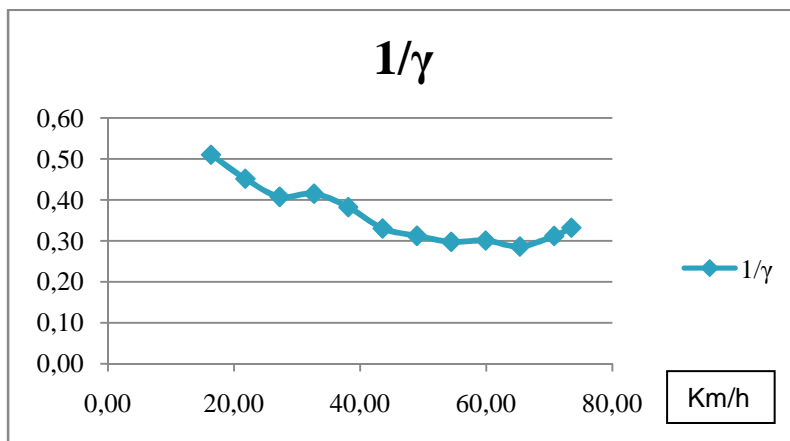
Para calcular la aceleración (γ) en cada punto, se utiliza la fórmula:

$$F_m - R_T = m \cdot (1 + \epsilon_i) \cdot \gamma \quad (m = 135 \text{ Kg}, 1 + \epsilon_i = 1.04)$$

$(1 + \epsilon_i)$ es un factor de corrección para la masa del vehículo por inercias de rotación.

Como la fuerza motriz y la resistencia están en Kgf, el resultado de la ecuación habrá que multiplicarlo por el factor 9,81, de esta forma las unidades de la aceleración serán m/s^2 :

$$\gamma \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{F_m - R_t}{m \cdot (1 + \epsilon_i)} \cdot 9,81$$



En esta gráfica se observa que la aceleración del kart aumentaría hasta las 12000rpm (la gráfica representa la inversa de la aceleración), y a partir de este punto disminuye levemente. Este es el típico comportamiento de un motor de dos tiempos, en el que es necesario alcanzar altas revoluciones para obtener una buena respuesta. En cambio a bajas revoluciones el motor necesita más tiempo para aumentar de velocidad.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

CURVA VELOCIDAD - TIEMPO: V – t

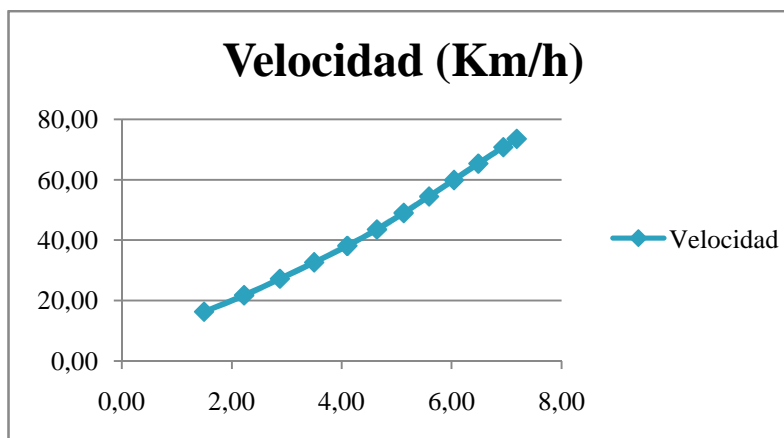
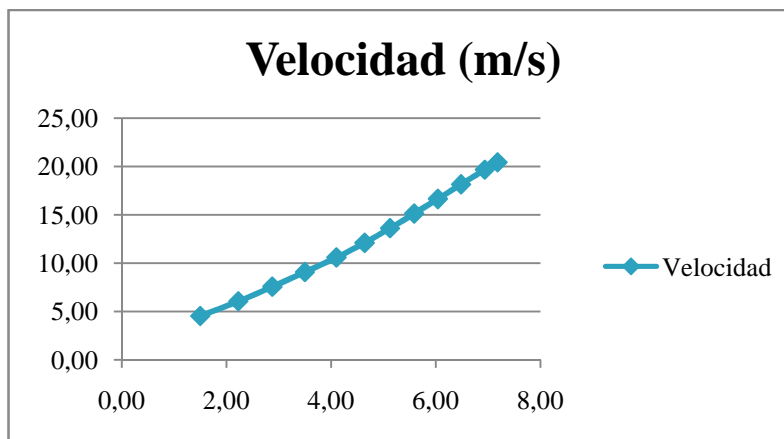
Para calcular el tiempo que tarda el kart en alcanzar determinadas velocidades se deduce:

$$\gamma = \frac{dV}{dt}, \text{ por tanto:}$$

$$dt = \frac{1}{\gamma} dV, \text{ y}$$

$$t = \int_{Vi}^{Vf} \frac{1}{\gamma} dV$$

Integrando entre las diferentes velocidades que hemos calculado anteriormente:



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

La pendiente al inicio es menor que al final, esto demuestra que a bajas revoluciones cuesta más subir de velocidad que cuando nos encontramos a altas revoluciones. La velocidad máxima desde parado se alcanza a los 7,18 segundos.

CURVA ESPACIO – TIEMPO: S – t

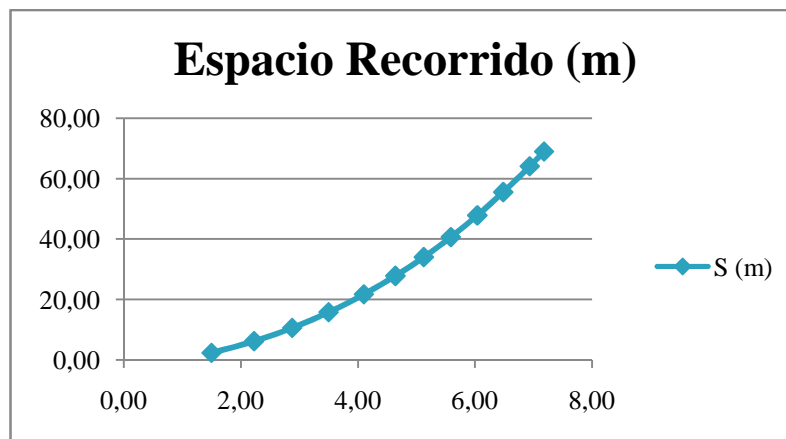
El cálculo de las curvas espacio – tiempo es inmediata:

$$v = \frac{dS}{dt}, \text{ por tanto:}$$

$$dS = V \cdot dt, \text{ y}$$

$$S = \int_{t_i}^{t_f} V \cdot dt$$

Integrando entre los tiempos calculados en el apartado anterior:



Lógicamente cuanto más velocidad alcanza el kart mayor espacio recorre en el mismo tiempo. Por tanto a bajas velocidades recorre pocos metros y conforme alcanza velocidades mayores la distancia recorrida aumenta más rápido.

Para alcanzar la máxima velocidad desde parado el kart debe recorrer una distancia de 69 metros.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los tiempos y distancias necesarios para alcanzar distintas velocidades:

Aceleración	Tiempo (s)	Distancia recorrida (m)
De 0 a 30 Km/h	3.19	13.06
De 30 a 50 Km/h	2.01	22.03
De 50 a 73,51 Km/h	1.9	33.91

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.4.3 Cálculo de la pendiente máxima superable

En este estudio se calcula cual es la máxima pendiente que puede superar el kart en orden de marcha. Este caso se da cuando la fuerza motriz que aporta el motor es la mayor posible, es decir, a máximo par. Pero también se ha calculado la máxima pendiente que puede subir el kart desde parado, y a máxima velocidad.

MÁXIMA PENDIENTE A MÁXIMO PAR

$$N = 12000 \text{ rpm}$$

$$Cx = 0.85$$

$$\mu_t = 0.9$$

$$Pom = 135 \text{ Kg}$$

$$\mu_r = 0.015$$

$$Saer.ef = 1,5 \cdot 0.9 \cdot 0.7 = 0,945 \text{ m}^2$$

$$R = 0.13 \text{ m}$$

En primer lugar calculamos la velocidad a la que va el kart en condiciones de máxima potencia:

$$V_{12000rpm} = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60} = \frac{12000 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.13}{9 \cdot 60} = 18.5 \text{ m/s}$$

La máxima pendiente que podrá alcanzar el kart se dará cuando la capacidad de aceleración sea nula, es decir:

$$F_m - R_T = 0, \text{ por tanto } F_m = R_T$$

$$F_m \text{ (Kgf)} = \frac{M_m \cdot r_i \cdot \mu_t}{R}, \text{ donde } M_m \text{ es el par motor, } \mu_t \text{ es el rendimiento de}$$

la transmisión y R es el radio de la rueda.

$$R_T = R_r + R_a + R_p$$

$$R_r = \mu_r \cdot Pom$$

$$R_a = \frac{Cx \cdot Saer.ef}{16} \cdot V^2$$

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

$R_p = P_{om} \cdot n$, donde n es la pendiente del suelo respecto a la horizontal en tanto por 1.

Sustituyendo los valores:

$$\frac{1.1 \cdot 9 \cdot 0.9}{0.13} = 135 \cdot 0.015 + \frac{0.85 \cdot 0.945 \cdot 18.5^2}{16} + 135 \cdot n$$

Despejando:

$$n = 0.36$$

Por tanto el kart podría subir una pendiente de 36% en condiciones de máximo par.

MÁXIMA PENDIENTE A MÁXIMA VELOCIDAD

Como se ha comentado, la máxima velocidad se da para $n=13500\text{rpm}$.

$$V_{13500\text{rpm}} = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi \cdot R}{r_i \cdot 60} = \frac{13500 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.13}{9 \cdot 60} = 20.42 \text{ m/s}$$

$$F_m = R_T$$

$$\frac{1.06 \cdot 9 \cdot 0.9}{0.13} = 135 \cdot 0.015 + \frac{0.85 \cdot 0.945 \cdot 20.42^2}{16} + 135 \cdot n$$

Despejando,

$$n = 0.32$$

Por tanto el kart podría subir una pendiente de 32% en condiciones de máxima velocidad.

MÁXIMA PENDIENTE DESDE PARADO

En este caso la velocidad inicial del kart se considera 0, y por tanto la resistencia aerodinámica, al ser directamente proporcional a la velocidad, también es 0.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Las revoluciones de parado se consideran 2500. Como no hay datos del par a estas revoluciones, se considera un par de 0,46 Kgf.

$$F_m = R_T$$

$$\frac{0.46 \cdot 9 \cdot 0.9}{0.13} = 135 \cdot 0.015 + 0 + 135 \cdot n$$

Despejando,

$$n = 0.162$$

Por tanto el kart podría subir una pendiente de 16,2% desde parado.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

6.5 Chasis

El esqueleto del kart es el chasis, y necesita tener una resistencia y una rigidez mínima para aguantar todos los esfuerzos a los que está sometido el kart durante las carreras.

El análisis de la rigidez y de la resistencia del chasis se ha llevado a cabo con el programa SolidWorks, que utiliza el método de elementos finitos para realizar el cálculo. Gracias a este programa se ha podido modelar en 3D el chasis al completo, para posteriormente distribuir las cargas en diferentes puntos según el análisis que se va a realizar. En el análisis por elementos finitos se han tratado todos los elementos como barras con uniones rígidas.

En todos los análisis llevados a cabo se realizará un análisis de tensiones, desplazamientos, y coeficiente de seguridad, para saber cuál es el máximo esfuerzo al que puede estar sometido el chasis sin llegar a tener deformaciones plásticas ni romperse. Se ha seleccionado un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5.

El chasis está construido con un acero aleado de las siguientes características:

Módulo elástico	2.1e+011	N/m ²
Coeficiente de Poisson	0.28	N/D
Módulo cortante	7.9e+010	N/m ²
Densidad	7700	kg/m ³
Límite de tracción	723825600	N/m ²
Límite elástico	620422000	N/m ²

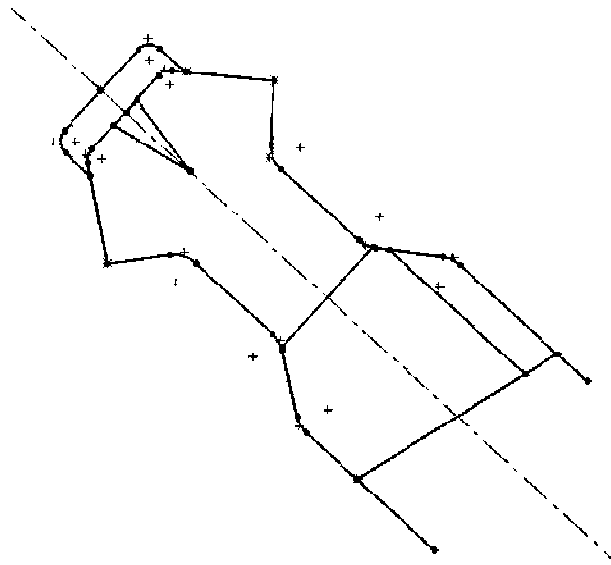
ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

PROCESO DE MODELADO

Antes de llevar a cabo el estudio del chasis se hará una breve explicación del proceso de modelado del kart completo en el programa Solidworks.

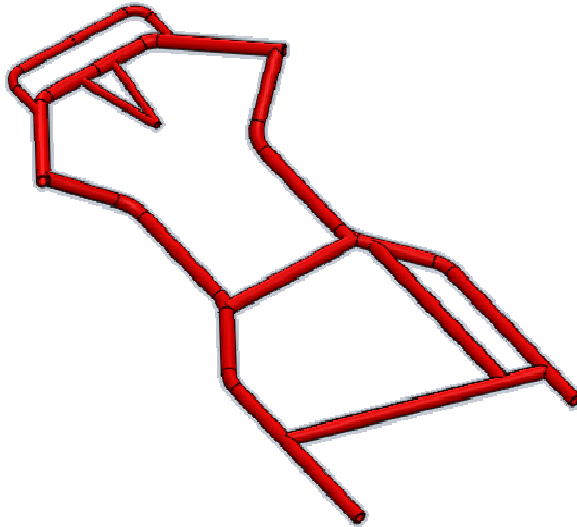
En primer lugar es necesario decir que las piezas se han hecho de una en una, y posteriormente se han ensamblado para dar lugar al conjunto del kart.

La primera pieza modelada ha sido el chasis. Para ello se ha construido un boceto en tres dimensiones, consistente en una línea que recorre todos los tubos del chasis:

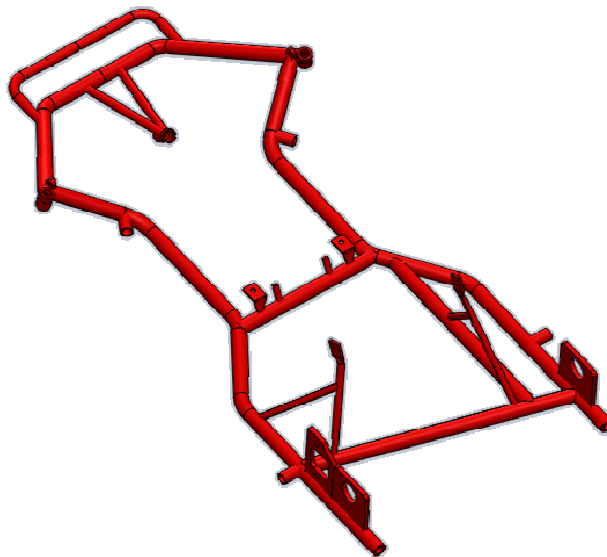


Una vez acabado el boceto y completamente acotado, se recorren las líneas con el perfil deseado, en este caso un tubo circular de 30mm de diámetro.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

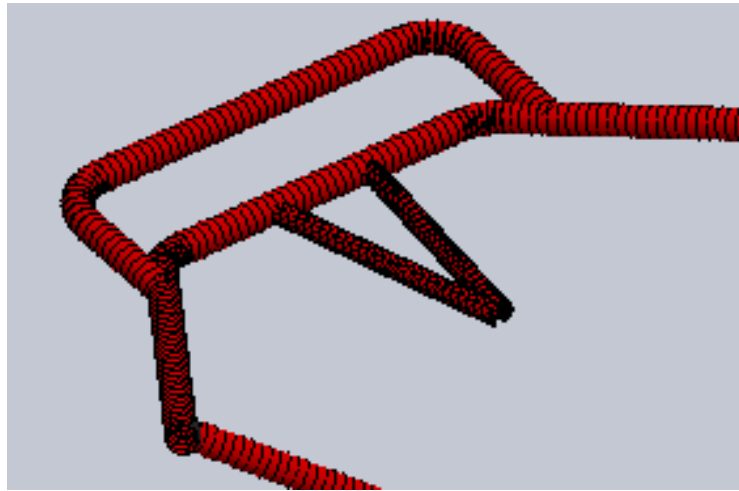


Cuando se ha construido el esqueleto del chasis, se modelan todos los elementos que van soldados a los tubos:



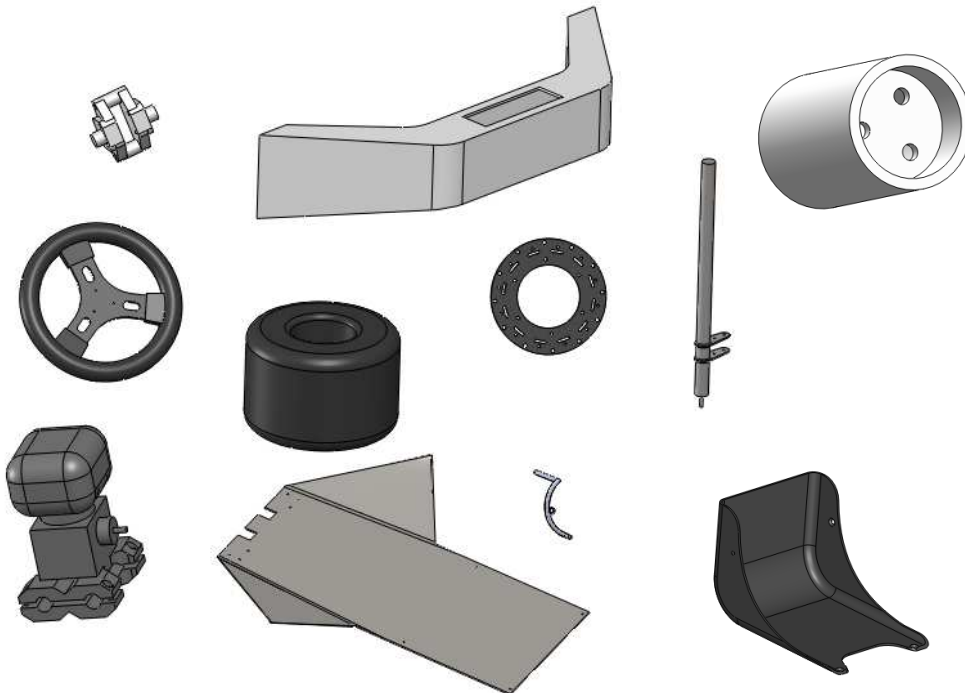
Así el chasis queda completamente modelado. Para realizar los análisis se debe fijar las sujeciones, definir los elementos como vigas, definir las cargas correspondientes a cada estudio, y crear una malla. En la siguiente imagen se muestra un detalle del chasis mallado.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



El siguiente paso es empezar a construir las piezas que encajan directamente al chasis, como los elementos de la dirección, las barras de los paragolpes, o el eje trasero, y posteriormente el resto de las piezas. El orden seguido para construir los elementos es siempre el mismo: primero se hace el boceto, se acota completamente, y se le da la forma deseada mediante diferentes operaciones como extrusión, revolución, corte, etc.

Estas son algunas de las piezas:



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

El ensamblaje final se puede hacer de dos maneras. La primera es ir montando las piezas al chasis a la vez que las vas modelando, y la otra opción es modelar primero todas las piezas y luego ensamblarlas a la vez.

En este caso se ha seguido el primer método, ya que presenta la ventaja de que cuando alguna pieza no encaja en el chasis, sólo tienes que cambiar dicha pieza, y las siguientes las modelas teniendo en cuenta el cambio. Si construyes todas las piezas antes de ensamblar, y surge algún problema en el ensamblaje, tendrás que modificar todas las piezas que tengan relación con ese problema, lo cual es mucho más costoso.

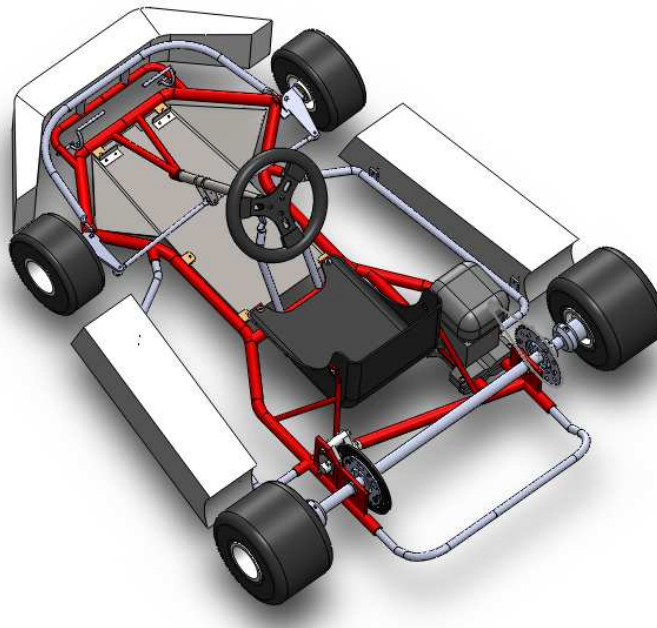
También son importantes los subensamblajes. Consisten en 2 o más piezas que se ensamblan entre si antes de ir montadas en el chasis, formando un subensamblaje. En el momento de montar el kart completo, no necesitas unir pieza a pieza, sino que puedes unir directamente el subensamblaje.

Este es un ejemplo de un subensamblaje formado por: Volante, sujeción de volante, silent block, columna de dirección y varillas de dirección, además de los tornillos para fijarlos.



Uniendo piezas y subensamblajes se consigue dar forma al kart completo:

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



ESTUDIO DEL CHÁSIS

Se han hecho 4 estudios diferentes del chasis:

1. Estudio de rigidez a torsión.
2. Estudio de rigidez a flexión.
3. Estudio de resistencia en orden de marcha.
4. Simulación de un bordillazo en orden de marcha.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.5.1 Estudio de rigidez a torsión

En este primer caso se analizará la rigidez del chasis cuando está sometido a un esfuerzo de torsión. Para ello se fija el chasis en dos puntos, que son los dos puntos donde se encontrarían las ruedas delanteras, y se aplican dos cargas en la parte trasera del chasis de forma que sometan la estructura a un esfuerzo de torsión.

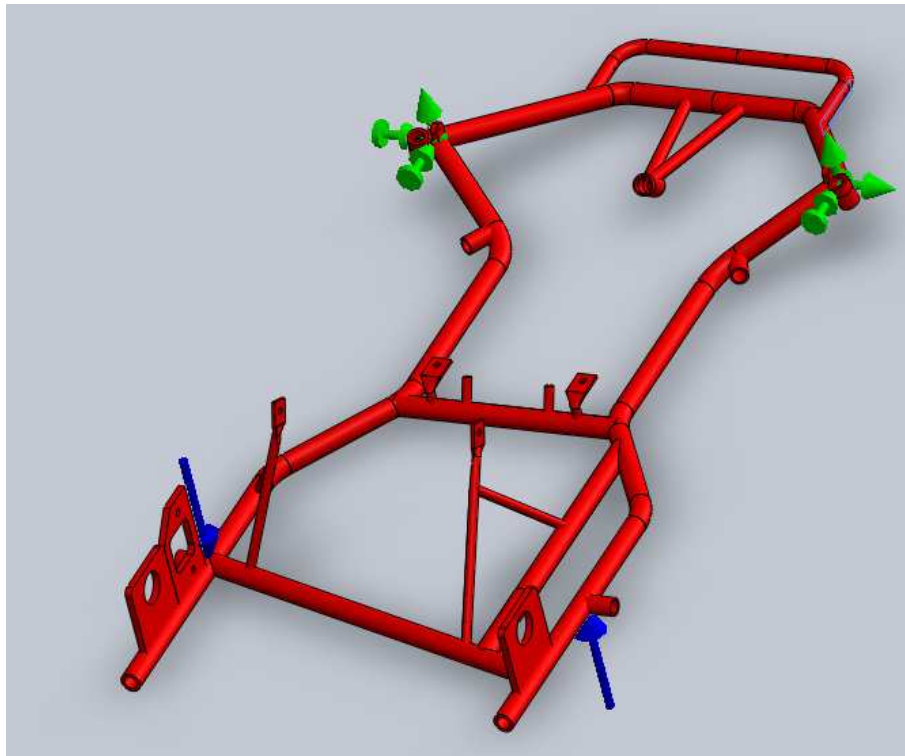


Fig. 1. Sujeciones y cargas en el chasis sometido a torsión.

Las cargas aplicadas (flechas azules) tienen un valor de 4950N cada una, generando un par torsor de 2920,5 Nm. Con este valor se consigue que el coeficiente de seguridad mínimo sea 1,5, que estará situado en el lugar donde mayor concentración de tensiones haya.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Tensión axial y de flexión más alta

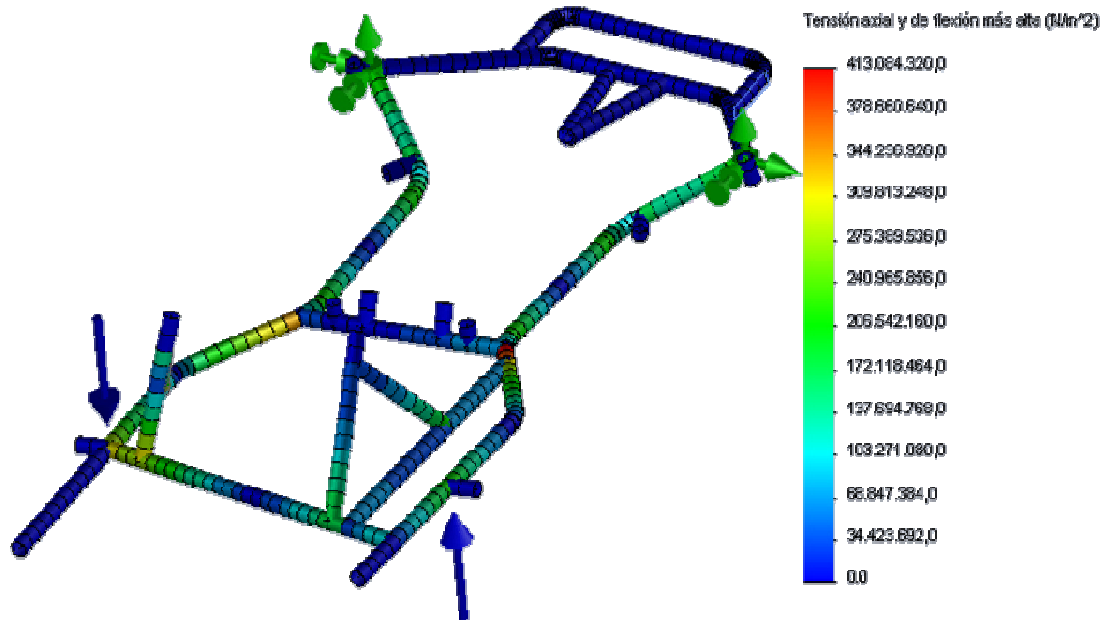


Fig. II. Tensión axial y de flexión con el chasis sometido a torsión.

Como podemos ver en la figura II, la tensión más alta producida por las 2 cargas es $413.084.320 \text{ N/mm}^2$, que es el valor máximo de tensión que puede haber para no sobrepasar el valor mínimo del coeficiente de seguridad.

Esta tensión tiene lugar en la parte derecha de la barra horizontal situada en el centro del kart. En caso de aumentar el valor de las cargas aplicadas, este punto sería el primero que podría sufrir deformaciones plásticas, incluso roturas.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Desplazamientos

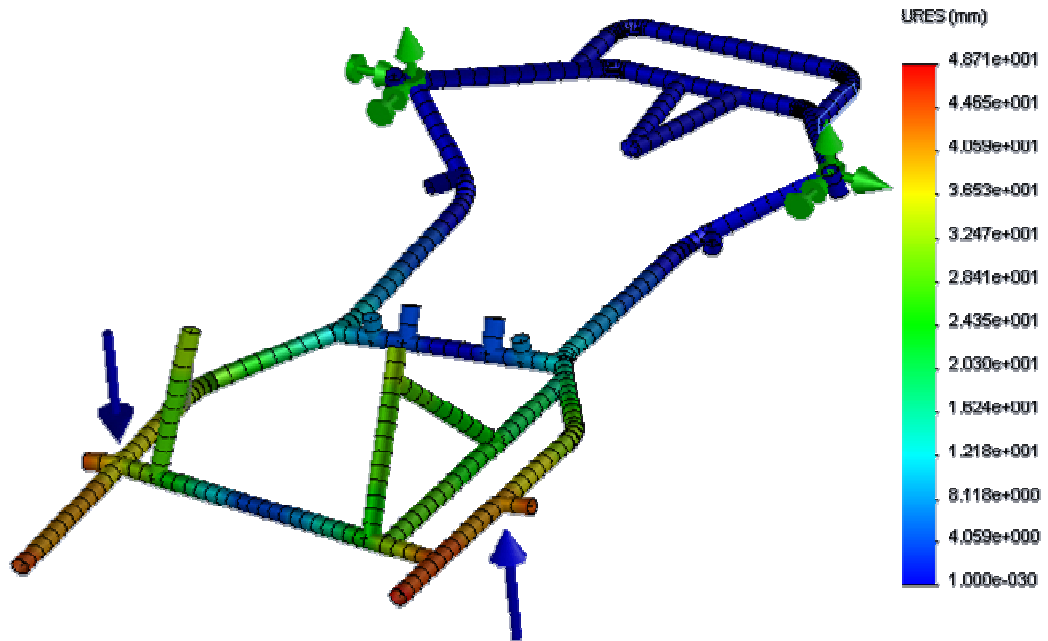


Fig.III. Desplazamientos del chasis sometido a torsión.

Lo que representa esta imagen son los desplazamientos. Las zonas en color rojo son las que sufren mayor desplazamiento, mientras que las zonas en color azul oscuro permanecen inmóviles. Los puntos que más desplazamiento sufren son los más alejados de los puntos de apoyo, y son del orden de 48mm.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Coeficiente de seguridad

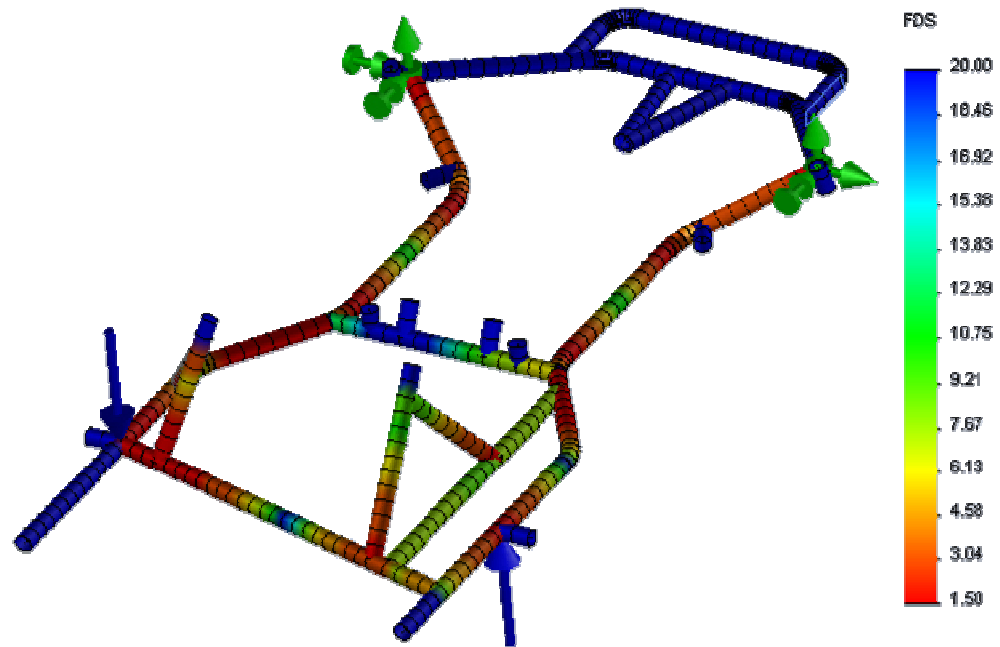


Fig.IV. Coeficiente de seguridad del chasis sometido a torsión.

Por último la figura IV muestra el coeficiente de seguridad en cada punto del chasis. El valor más bajo está ubicado en el extremo derecho de la barra horizontal central, es decir, el mismo lugar donde se encuentra la tensión más alta. Todos los demás puntos están por encima de 1,5, ya que la tensión es más baja, y el material de todas las barras es el mismo.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.5.2 Estudio de rigidez a flexión

Este estudio se lleva a cabo para comprobar que cuando el piloto se sienta en el kart, el chasis no toca el suelo, ni tampoco se flexiona demasiado. Para ello se fijan cuatro puntos del chasis del kart, aproximadamente donde estarían las cuatro ruedas, y se introducen dos cargas en la parte central del chasis, que es la más sensible a deformarse. El valor de estas dos cargas corresponde al peso estándar de una persona: 75kg.

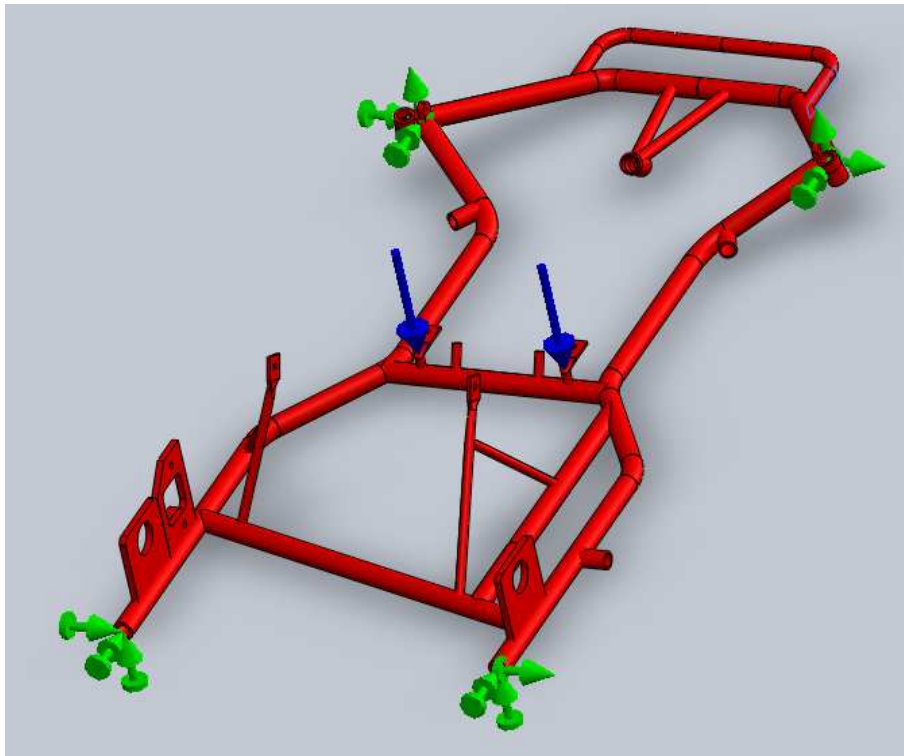


Fig. V. Sujeciones y cargas en el chasis sometido a flexión.

Las cargas aplicadas tienen por tanto un valor de 375N cada una.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Tensión axial y de flexión más alta

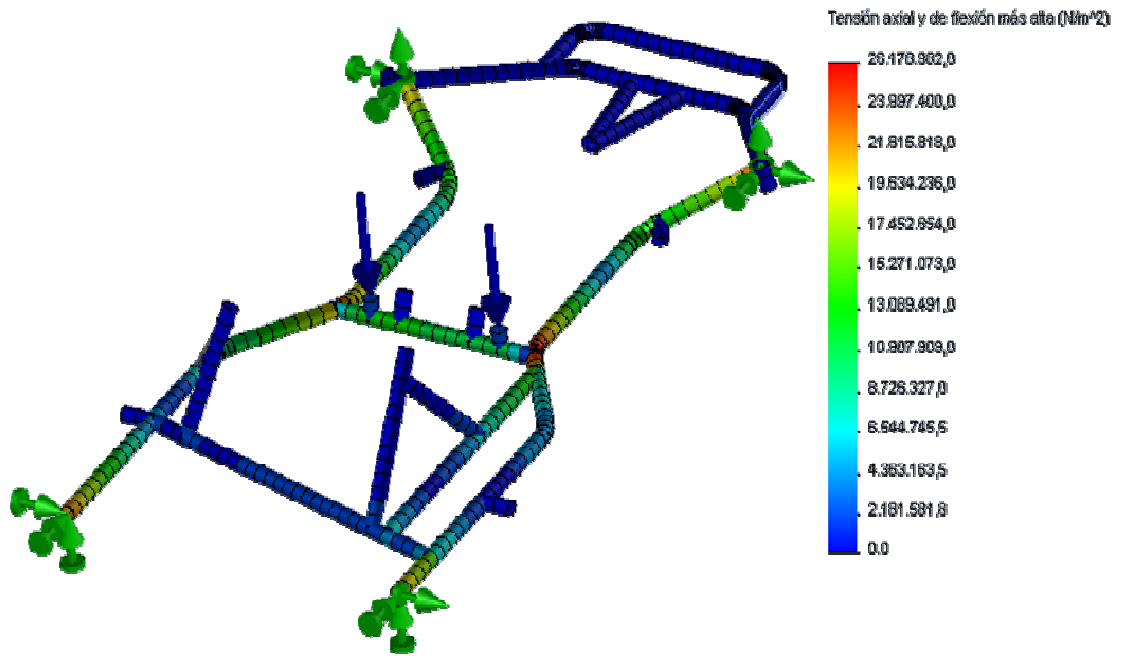


Fig. VI. Tensión axial y de flexión con el chasis sometido a flexión.

En este caso el lugar donde la tensión alcanza un mayor valor es el mismo que en el caso anterior, solo que esta vez la tensión es mucho menor: 26.178.982 N/mm².

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Desplazamientos

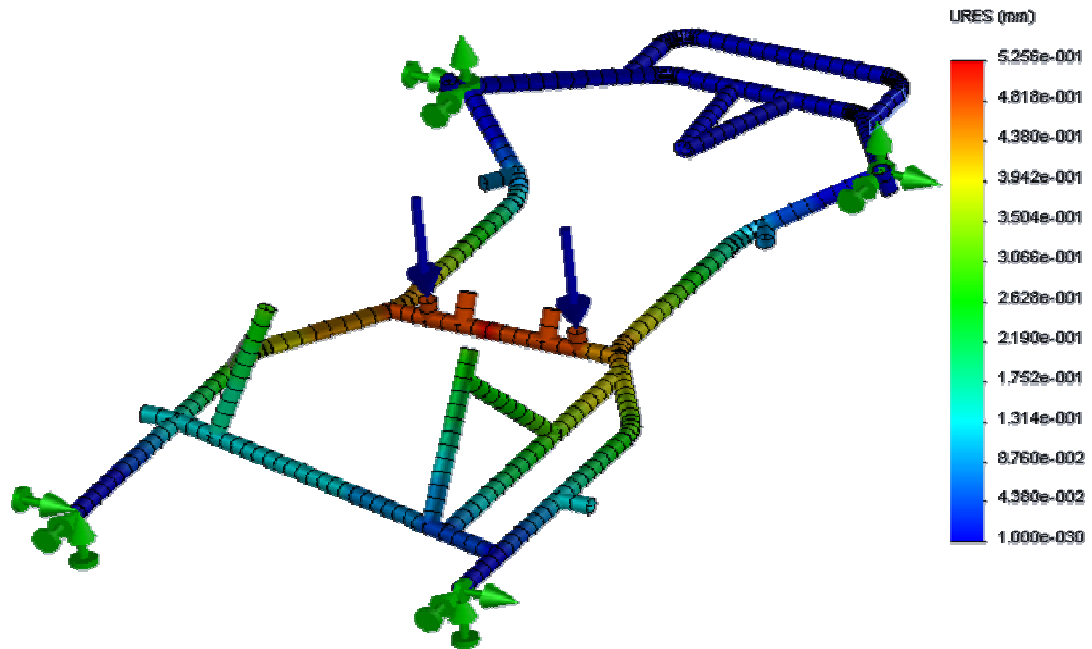


Fig. VII. Desplazamientos del chasis sometido a flexión.

El hecho de que la tensión sea más pequeña, lleva consigo que los desplazamientos sean también pequeños. El punto que más se desplaza lo hace 0,5mm, lo cual es prácticamente inapreciable. Esto nos demuestra que el kart tiene una rigidez a flexión suficiente para aguantar el peso del piloto.

Para hacernos una idea de la rigidez del kart, se han cambiado los valores de las cargas aplicadas a 5000N (500kg) cada una, y el desplazamiento en el mismo punto alcanza un valor de 7 milímetros, un valor sustancialmente más alto que el anterior pero a pesar de ello el kart podría circular perfectamente.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Coeficiente de seguridad

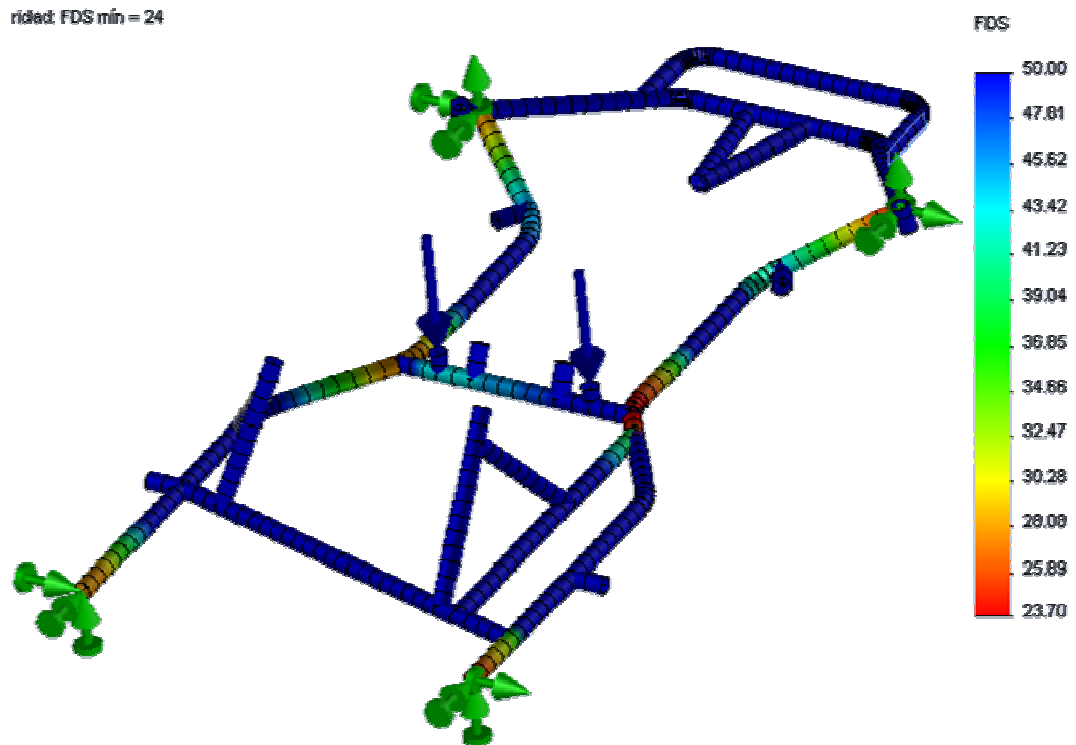


Fig. VIII. Coeficiente de seguridad del chasis sometido a flexión.

Como se puede observar en la figura VIII, en este caso el coeficiente de seguridad es de 23,7, mucho más alto que el coeficiente mínimo establecido. Esto se debe a que las cargas aplicadas son muy pequeñas en comparación con lo que el chasis es capaz de resistir.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.5.3 Estudio de resistencia en orden de marcha.

En este caso se analiza cómo se comporta el kart y que esfuerzos y desplazamientos sufre cuando se le aplican las cargas presentes en orden de marcha. Para simplificar el estudio sólo se ha tenido en cuenta el peso del piloto distribuido en los cuatro puntos donde apoya el asiento, y el peso del motor (25Kg) también apoyado en sus puntos correspondientes.

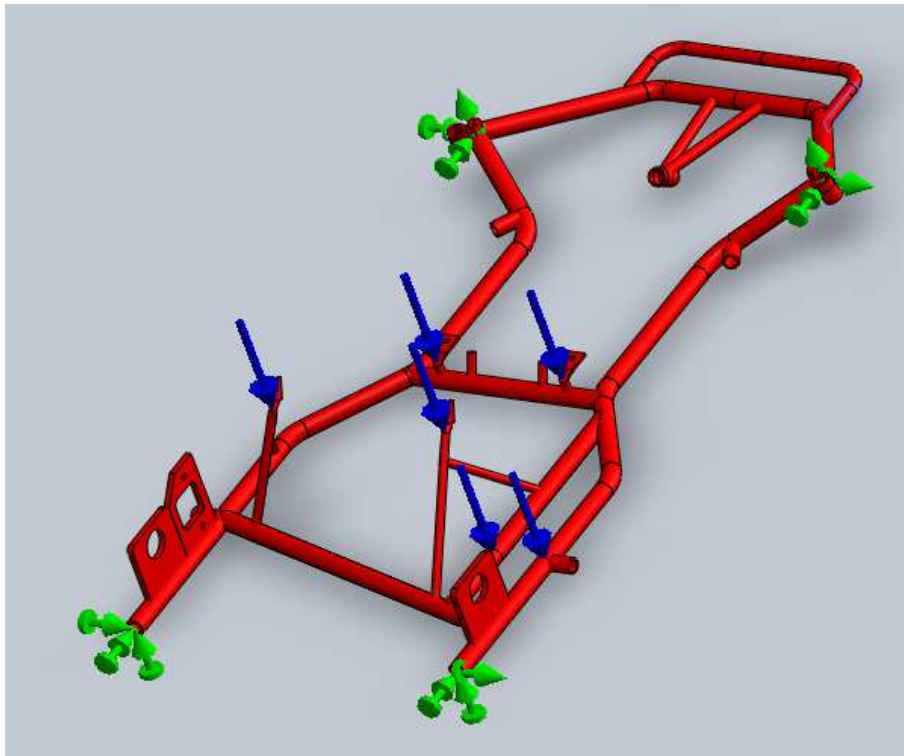


Fig. IX. Sujeciones y cargas en el chasis con el kart en orden de marcha.

Debido a la posición del piloto en el asiento, Su centro de gravedad está más cerca de los apoyos traseros que de los apoyos delanteros del asiento, de tal manera que un 70% del peso del piloto recae sobre los apoyos traseros, y el otro 30% restante sobre los delanteros. Con lo cual los valores de las cargas aplicadas son los siguientes:

- Apoyo trasero del asiento: 262,5N cada una.
- Apoyo delantero del asiento: 112,5N cada una.
- Apoyo del motor: 12,5N cada una.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Tensión axial y de flexión más alta

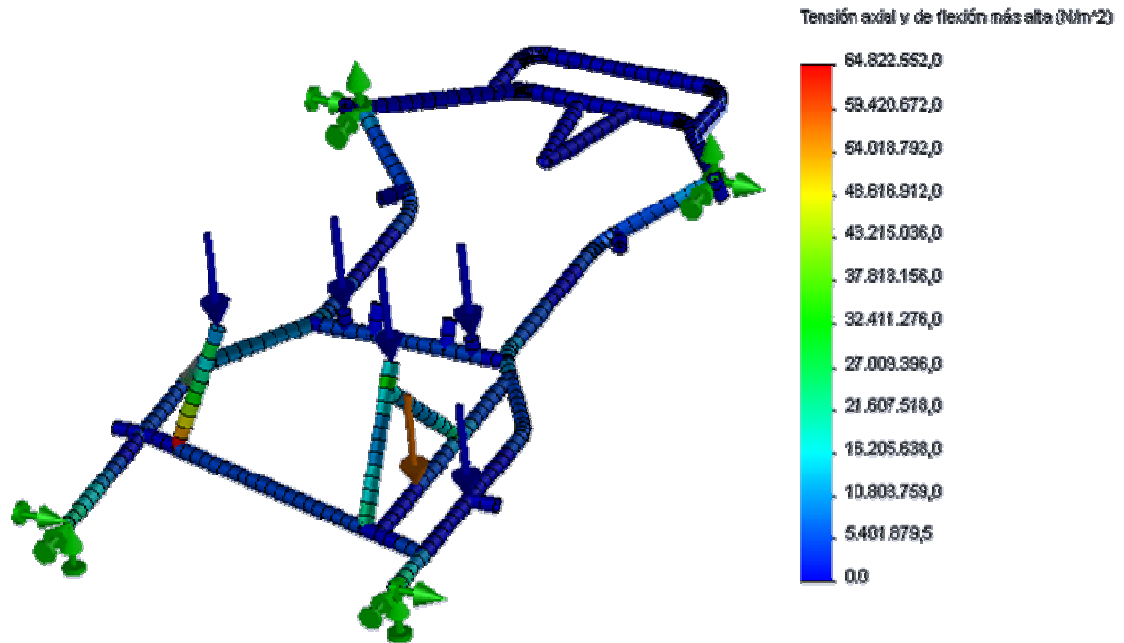


Fig. X. Tensión axial y de flexión en el chasis con el kart en orden de marcha.

El punto sometido a mayor tensión se encuentra en el apoyo trasero izquierdo del asiento, en el punto de unión con la barra cruzada horizontal trasera. El valor que tiene es de $64.822.522 \text{ N/mm}^2$. La razón de que sea la izquierda la que sufre mayor tensión y no la derecha se debe a que la inclinación de la barra del apoyo izquierdo es mayor, por tanto el punto de aplicación de la carga está más alejado de las barras a las que va soldado, lo que provoca un momento mayor ($M = F \cdot x$). En la figura XII vista desde arriba se ve más claramente:

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Desplazamientos

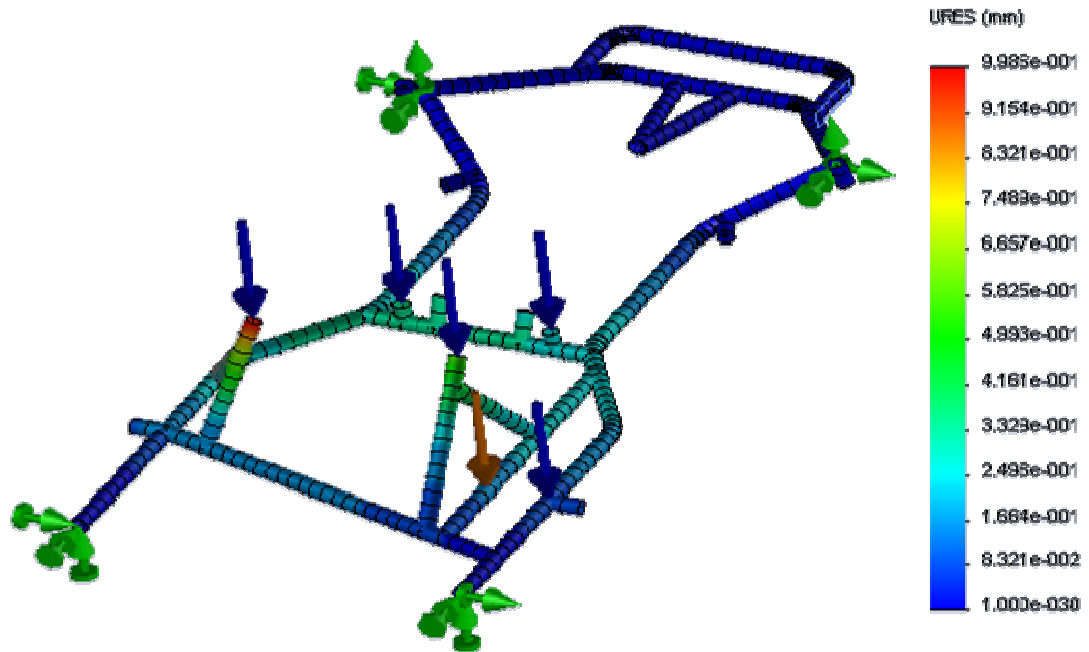


Fig. XI. Desplazamientos en el chasis con el kart en orden de marcha.

El punto que más se desplaza se encuentra en el apoyo trasero izquierdo, justo en el punto de aplicación de la carga. El valor del desplazamiento es de casi 1mm. La razón de que sea el apoyo izquierdo en lugar del apoyo derecho es la misma que en el caso de las tensiones, la distancia a los puntos de apoyo.

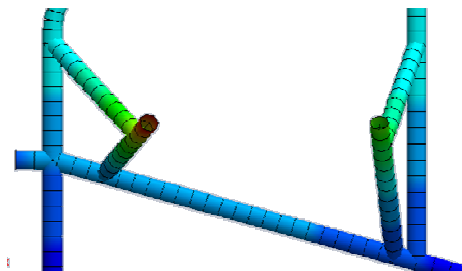


Fig. XII. Detalle en planta del chasis con el kart en orden de marcha.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Coeficiente de seguridad



Fig. XIII. Coeficiente de seguridad en el chasis con el kart en orden de marcha.

En este caso el coeficiente de seguridad también es mayor de 1,5, de hecho el mínimo coeficiente de seguridad en todo el kart es de 8,97. El chasis está completamente fuera de peligro de sufrir deformaciones o roturas en condiciones normales de orden de marcha.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

5.5.4 Simulación de un bordillazo en orden de marcha

Por último se analiza la situación en la cual vamos en orden de marcha y con la rueda trasera izquierda pasamos por un bordillo elevado que ejerce una fuerza sobre dicha rueda. Para ello se fija el chasis en tres puntos correspondientes a las tres ruedas que están en contacto con el suelo, y se deja libre la otra, en la cual se aplica una carga simulando la acción del bordillo. Además también se tienen en cuenta el peso del piloto y del motor.

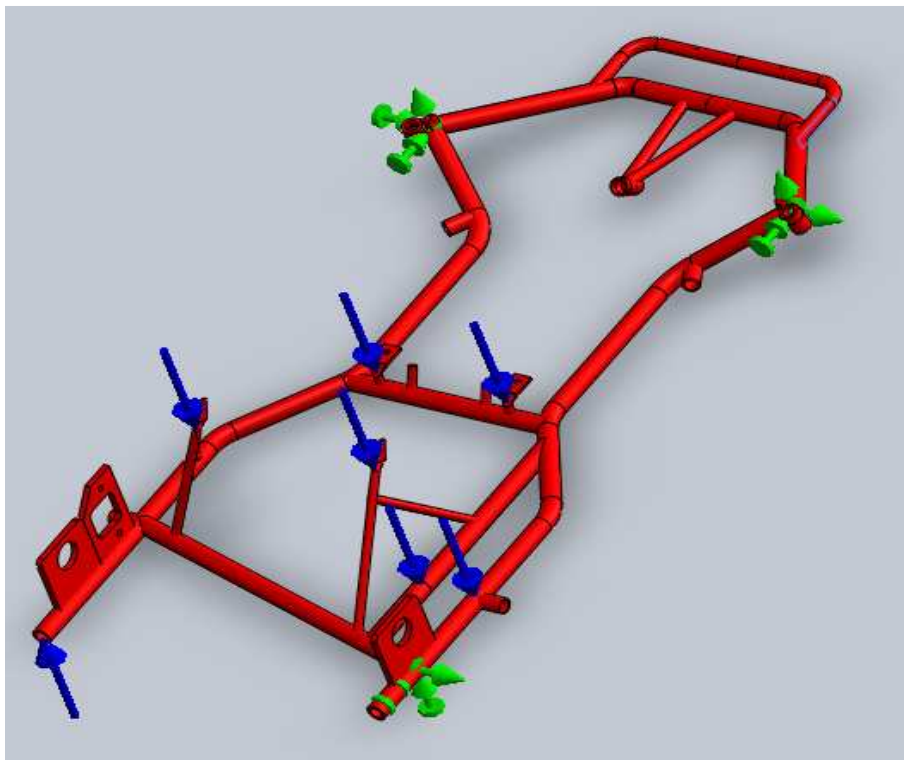


Fig. XIV. Sujeciones y cargas en el chasis con el kart sometido a un bordillazo.

Las cargas aplicadas sobre los apoyos del asiento y del motor son las mismas que en el apartado anterior, pero además se añade una carga en el extremo trasero izquierdo del chasis, la cual tiene un valor máximo de 2600N, para no rebasar el mínimo coeficiente de seguridad.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Tensión axial y de flexión más alta

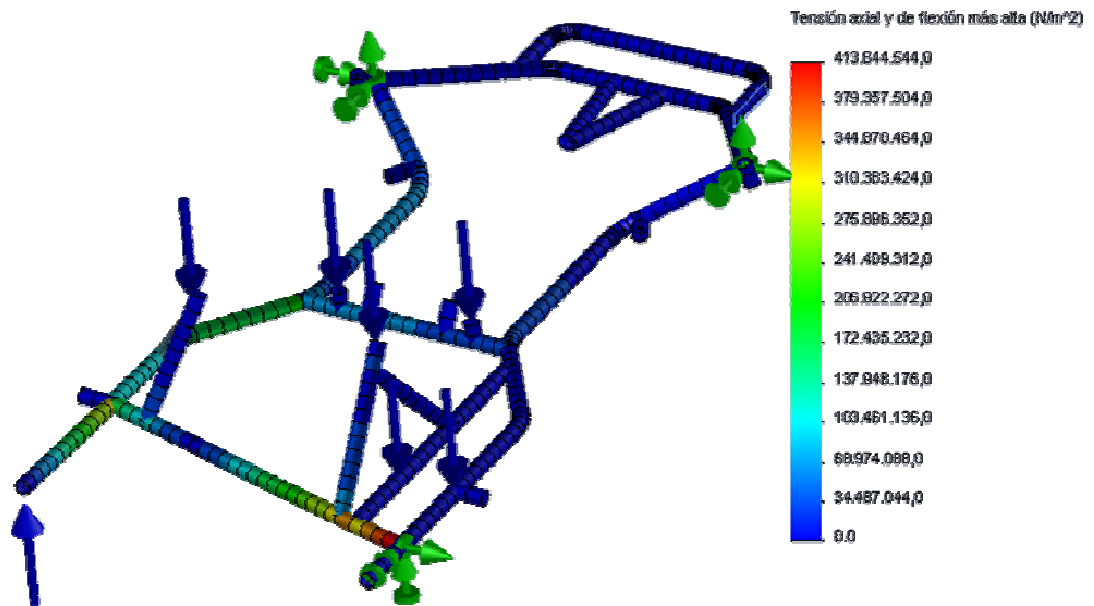


Fig. XV. Tensión axial y de flexión en el chasis con el kart sometido a un bordillazo.

El valor de la tensión en este caso es 413.844.544 N/mm², muy próximo al primer caso, que como ya se ha comentado es el valor máximo que puede alcanzar sin producir deformaciones o roturas.

El punto de tensión máxima se sitúa en la barra horizontal trasera, en el punto de unión con la barra vertical exterior derecha.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Desplazamientos

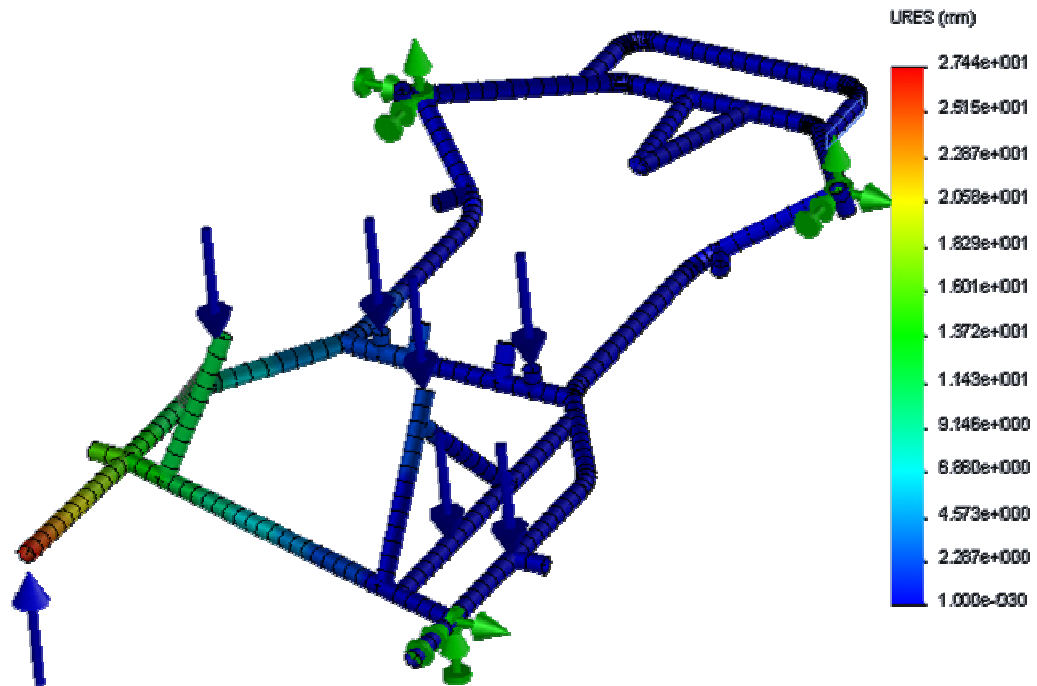


Fig. XVI. Desplazamientos en el chasis con el kart sometido a un bordillazo.

El máximo desplazamiento como se puede observar está en el punto de aplicación de la carga de 2600N, y el desplazamiento que se produce es de 27.4mm.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Coeficiente de seguridad

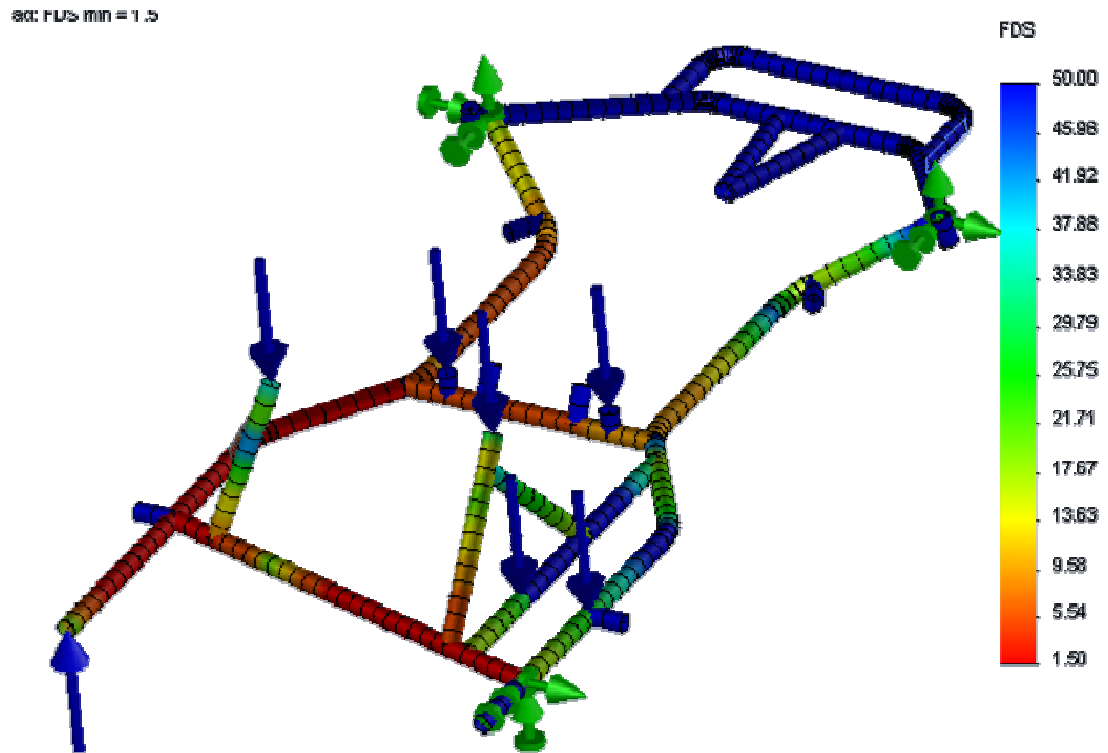


Fig. XVII. Coeficiente de seguridad del chasis con el kart sometido a un bordillazo.

El único punto con un coeficiente de seguridad de 1,5 es aquel donde se encuentra la máxima tensión. Como se observa en el dibujo las barras vertical izquierda trasera y la horizontal trasera tienen un coeficiente de seguridad próximo a 1,5, pero nunca menor. Por tanto el kart está fuera de peligro en todos sus puntos.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

7. CAMBIOS REALIZADOS EN EL MODELO REAL

En el modelo real del kart del proyecto se han realizado una serie de cambios para mejorar su fiabilidad y su comportamiento.

En primer lugar es necesario decir que dicho kart era un chasis abandonado con más de 20 años, que se ha intentado reparar y hacerle funcionar otra vez. El motor utilizado es de segunda mano.

7.1 Reparación, limpieza y pintura de los plásticos de protección.

El color de los plásticos estaba muy desgastado y los agujeros presentaban irregularidades varias.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Ahora los agujeros se han rectificado con una lijadora, se han protegido con una goma negra, y se ha aplicado pintura blanca perlada a todos los plásticos.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

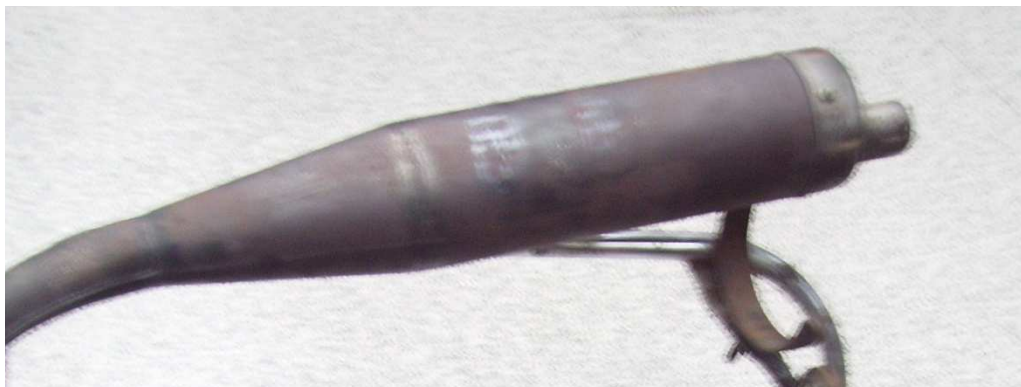
7.2 Cambio de tornillos del kart.

La mayoría de los tornillos y tuercas del kart estaban muy oxidados y en algunos casos la cabeza había perdido la forma. Todos ellos se han cambiado por tornillos nuevos con roscas autoblocantes para que no que se suelten con las vibraciones del kart.



7.3 Reparación de la sujeción del escape.

El tubo de escape del kart no es el tubo original de su motor, sino que se ha comprado uno de segunda mano. Este nuevo escape no se ajusta en el apoyo original del antiguo tubo, por tanto se ha cambiado la pieza de sujeción y ahora está perfectamente amarrado.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



El nuevo agarre incluye un silent block para minimizar el efecto de las vibraciones.

7.4 Reparación del motor de arranque.

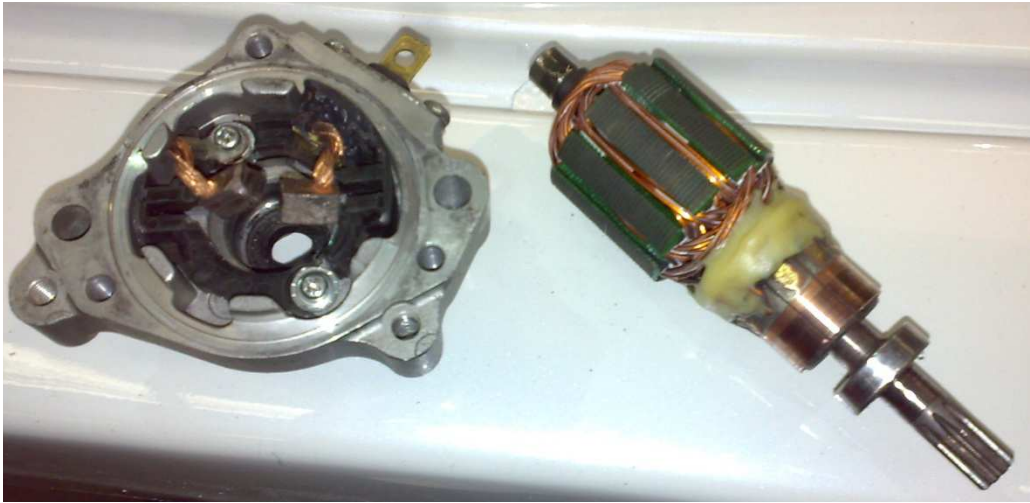
El motor de arranque falla debido al contacto de las escobillas con las delgas. Para su reparación se han comprado unas escobillas nuevas y se han cambiado por las antiguas que presentabas altos niveles de desgaste.

ANTIGUAS



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

NUEVAS



7.5 Ajuste de la altura del chasis.

Los pivotes de dirección, donde van sujetas las ruedas, están a diferente altura. El pivote derecho está 10mm más abajo que el izquierdo, de forma que cuando giramos el volante, la rueda derecha no toca el suelo. Para arreglarlo se llevó el kart a un taller, se sujetó el chasis con las uñas de una carretilla, se puso otra uña haciendo presión sobre el pivote derecho, y a golpe de martillo en frío se bajó la altura hasta quedar más o menos igualado.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



7.5 Cambio de la sirga del acelerador y muelle.

El kart en un principio carecía de sirga del acelerador, y hubo que comprar una nueva. Además también se ha introducido un muelle para asegurar el correcto retorno de la pieza del carburador de la que tira la sirga.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

7.7 Cambio de rodamientos de dirección.

Los rodamientos viejos están sucios y mal engrasados, además a uno le falta una tapa. Los nuevos ofrecen mayor suavidad para girar los pivotes de dirección.

7.8 Cambio de muelles de retorno de los pedales.

Los muelles que venían con el kart estaban cedidos y apenas ejercían fuerza de retorno. Los nuevos dan mayor seguridad a la hora de conducir.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

7.9 Ajuste de las varillas de dirección.

Una de las varillas era mucho más larga que la otra, y era imposible colocar las dos ruedas del kart en paralelo cuando el volante estaba en posición inicial (girado 0°). Dichas varillas son ajustables, por tanto se han ajustado para que las dos ruedas estén en la posición correcta en todo momento.



7.10 Engrase de engranajes, rodamientos y cadena.

Por falta de uso todos los componentes mecánicos estaban poco o nada engrasados. Se ha aplicado una capa de grasa a todos ellos para mejorar su comportamiento.



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

7.11 Cambio del depósito de gasolina

El antiguo depósito era una garrafa de agua, no estaba permitido llenarlo en las gasolineras y además tenía fisuras que le hacían perder gasolina. Se ha sustituido por una garrafa nueva, homologada para echar gasolina, y por supuesto sin fisuras.

VIEJA



NUEVA



ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

7.12 Cambio de neumáticos

Los neumáticos antiguos estaban bien en cuanto a desgaste, pero dos de ellos perdían toda la presión de inflado al cabo de una semana. Por ello se han sustituido por otros neumáticos de segunda mano que ya no presentan ese problema.



8. APLICACIÓN DE REGLAMENTO TÉCNICO

8.1 Kart

REQUERIMIENTOS GENERALES

1. Un kart está compuesto por un chasis-cuadro (con o sin carrocería) los neumáticos y el motor. Deberá cumplir las siguientes condiciones generales:
2. Posición de conducción: en el asiento, los pies hacia el frente.
3. Número de ruedas: 4
4. Equipamiento: el uso de titanio en el chasis está prohibido.

8.2 Chasis-cuadro

REQUISITOS

- Construcción de acero tubular magnetizado de sección cilíndrica. Una pieza con partes soldadas no podrá ser desmontada.
- Sin conexiones (móvil en 1, 2 o 3 ejes).
- La flexibilidad del chasis-cuadro corresponde con los límites de elasticidad de la construcción tubular.

MATERIAL

Acero estructural magnetizado o aleación de acero estructural.

8.3 Partes principales del chasis

REQUISITOS

Todas las partes principales del chasis deben estar sólidamente conexionadas entre sí al chasis-tubular.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Es obligatoria una construcción rígida, sin articulaciones (móvil en 1, 2 o 3 ejes).

Las conexiones articuladas están permitidas sólo para los soportes convencionales del porta mangueta y pivote de dirección.

Cualquier otro instrumento con función de articulación en 1, 2 o 3 ejes está prohibido.

Cualquier dispositivo hidráulico o neumático de absorción de oscilaciones está prohibido.

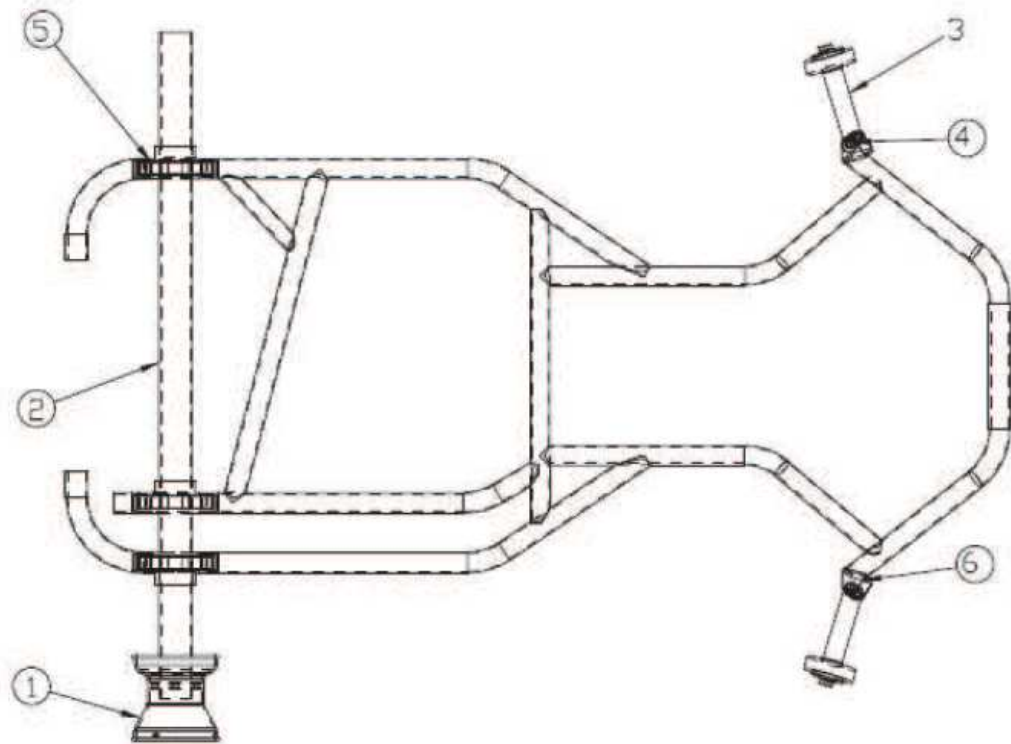
REQUERIMIENTOS EJE TRASERO

Podrá tener un diámetro exterior máximo de 50 mm y un espesor mínimo en todos los puntos de 1,9 mm (excepto en los chaveteros). Asimismo el espesor mínimo vendrá dado en función del diámetro exterior según la siguiente relación:

DIAMETRO	ESPEJOR	DIAMETRO	ESPEJOR
50	1,9	37	3,4
49	2,0	36	3,6
48	2,0	35	3,8
47	2,1	34	4,0
46	2,2	33	4,2
45	2,3	32	4,4
44	2,4	31	4,7
43	2,5	30	4,9
42	2,6	29	5,2
41	2,8	28	Macizo
40	2,9	27	Macizo
39	3,1	26	Macizo
38	3,2	25	Macizo

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Chasis bastidor y piezas principales del chasis



8.4. Partes auxiliares del chasis

REQUISITOS

Las partes auxiliares deben estar sólidamente fijadas, las conexiones flexibles están permitidas.

Todos los elementos que contribuyen al normal funcionamiento del kart, deben estar conformes con el Presente Reglamento.

Estas partes deben estar montadas de tal forma que no puedan desprenderse del kart cuando este está en movimiento.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

8.5 Dimensiones y peso

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones y especificaciones:

Distancia entre los ejes: Mínimo 101 cm.

Máximo. 107 cm.

Vía: Como mínimo $\frac{2}{3}$ de la distancia utilizada entre los ejes.

Largo total máximo: 182 cm, sin carenado frontal y/o trasero.

Ancho total: 140 cm máximo, salvo en KF-3: 136 cm máximo.

Alto total: 65 cm máximo desde el suelo, asiento excluido.

Ningún elemento debe sobrepasar el cuadrilátero formado por el carenado trasero y delantero y las ruedas.

LASTRES

Está permitido ajustar el peso del kart por medio de uno o varios lastres con la condición de que sean bloques sólidos fijados sobre el chasis o en el asiento, por medio de uno o más tornillos de diámetro mínimo de 6 mm.

PARAGOLPES

Son protecciones obligatorias delanteras, traseras y laterales. Estos parachoques deben ser de acero magnético. Deben estar homologados junto con las carrocerías.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

8.6 Carrocería

CARROCERÍA

Deberá estar compuesto de dos pontones laterales, un carenado un panel frontal, y facultativamente de un carenado trasero (Ver dibujo técnico N° 2 B).

La carrocería deberá estar homologada por la CIK-FIA.

La combinación de 3 elementos de carrocería homologados de diferentes marcas o modelos está autorizada.

Los 2 pontones laterales deberán ser del mismo tipo y como conjunto único.

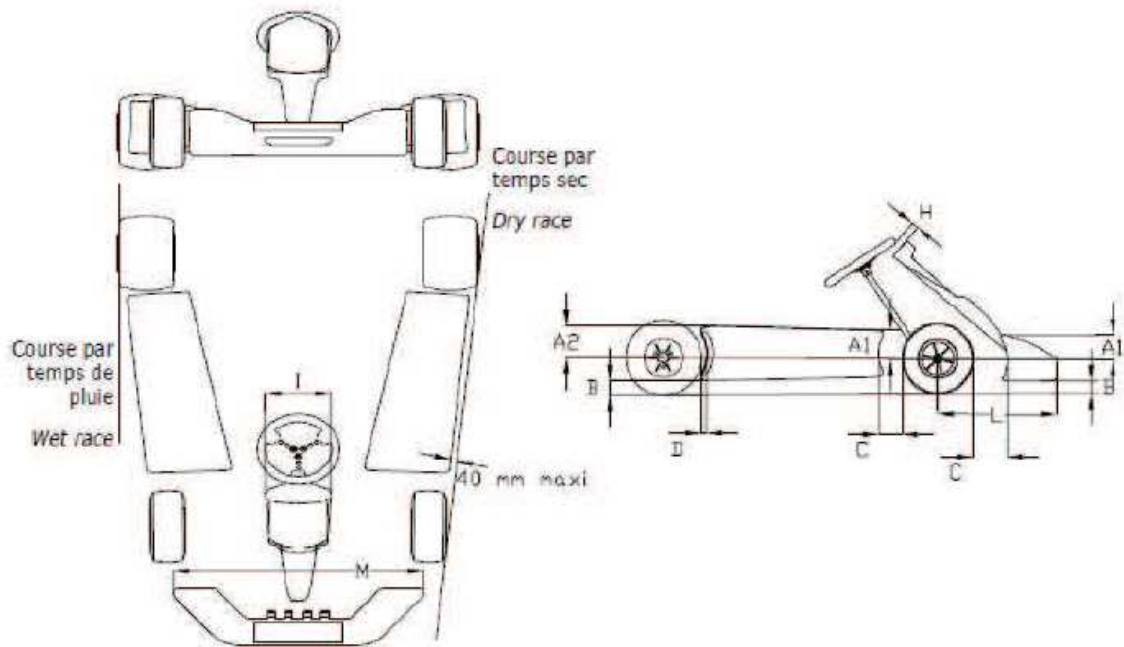
Ningún elemento de la carrocería podrá ser usado como depósito de combustible o para la fijación del lastre.

No se permite el corte de ningún elemento de la carrocería.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

DIBUJO TECNICO N° 2-b

Carrocería para circuitos cortos



MATERIALES

No metálicos; fibra de carbono, Kevlar y fibra de vidrio están prohibidos. Si se usa plástico, no debe ser posible astillarlo y no deberá tener ningún ángulo vivo como consecuencia de una rotura.

8.7 Transmisión

Deberá siempre efectuarse sobre las ruedas traseras, el método es libre, pero todo tipo de diferencial está prohibido, ya sea por el eje, el cubo de la rueda o por cualquier otro medio.

Dispositivo libre bajo reserva de no comportar diferencial.

Todo dispositivo de lubricación de la cadena está prohibido, salvo que se trate de un sistema aprobado por la CIK.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

8.8 Cubrecadenas

Es obligatorio y deberá recubrir eficazmente el piñón y la corona hasta la altura del eje de la corona.

8.9 Suspensión

Todo dispositivo de suspensión, elástico o articulado está prohibido.

Elementos de suspensión mecánicos, hidráulicos o neumáticos están prohibidos en todo el kart.

8.10 Frenos

Los frenos deben estar homologados por CIK-FIA. Excepto KF1.

Podrán ser hidráulicos. El control de freno (la unión entre el pedal y la(s) bomba(s)) deberá ser doblado (si se usa un cable, deberá tener un diámetro mínimo de 1,8 mm y ser bloqueado con un aprieta cable de tipo arandela).

Para las categorías sin caja de cambio, deberán funcionar en al menos ambas ruedas traseras simultáneamente.

Los discos de carbono están prohibidos.

8.11 Dirección

Debe estar accionada por un volante de sección circular. Con un perímetro continuo. Por razones de seguridad el volante no debe presentar ninguna parte angular.

Todo dispositivo montado en el volante no deberá sobrepasar en más de 20 mm el plano que pasa por encima del volante y no debe presentar aristas vivas (Dibujo técnico No 8, en Anexos).

Se prohíbe todo mando flexible por cable o cadena.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

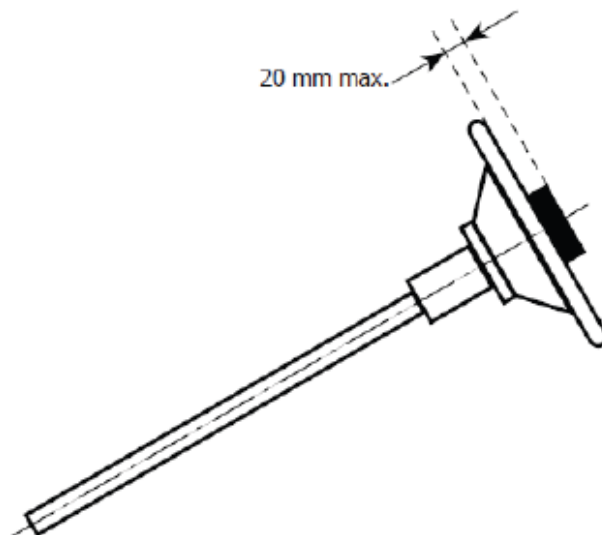
Todos los elementos de la dirección deben comportar un sistema de fijación ofreciendo toda seguridad (tuercas abulonadas, remachadas o autoblocantes).

La columna de dirección debe tener un diámetro mínimo de 18 mm y un espesor mínimo de 1,8 mm.

Debe estar montada con un sistema de clip de seguridad para la tuerca de sujeción del rodamiento inferior.

DIBUJO TECNICO N° 8

Volante



DIBUJO TECNICO N° 9

Medida de decibelios – Posición del micrófono con respecto al kart

8.12 Asiento

El asiento debe estar concebido de manera tal que el piloto esté eficazmente encajado, a fin de evitar deslizamientos delanteros o laterales en curvas o al frenar.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Además, todos los asientos deberían contar con un refuerzo de, nylon, acero o aluminio laminado en su punto de fijación a los soportes superiores de los asientos, entre soporte y asiento.

Estos refuerzos deben tener un grosor mínimo de 1,5 mm y una superficie mínima de 13 cm² o un mínimo de 40 mm. de diámetro.

Todos los soportes deben estar atornillados o soldados en cada extremo y si no son usados, deberán ser retirados del chasis y del asiento.

8.13 Pedales

Los pedales, cualquiera que sea su posición, no deberán nunca sobrepasar el chasis, paragolpes incluido, y deberán situarse delante de la bomba.

8.14 Acelerador

El acelerador debe ser accionado por pedal, debiendo tener un muelle de retroceso.

La conexión entre el pedal y el carburador será obligatoriamente mecánica.

8.15 Ruedas y neumáticos

Las ruedas deben estar equipadas de neumáticos (con o sin cámara de aire).

La utilización simultánea de neumáticos de distintas marcas o de slicks y neumáticos para lluvia en un mismo kart está prohibida bajo cualquier circunstancia.

La fijación de las ruedas debe comportar un sistema de seguridad (tuercas abulonadas o autoblocantes).

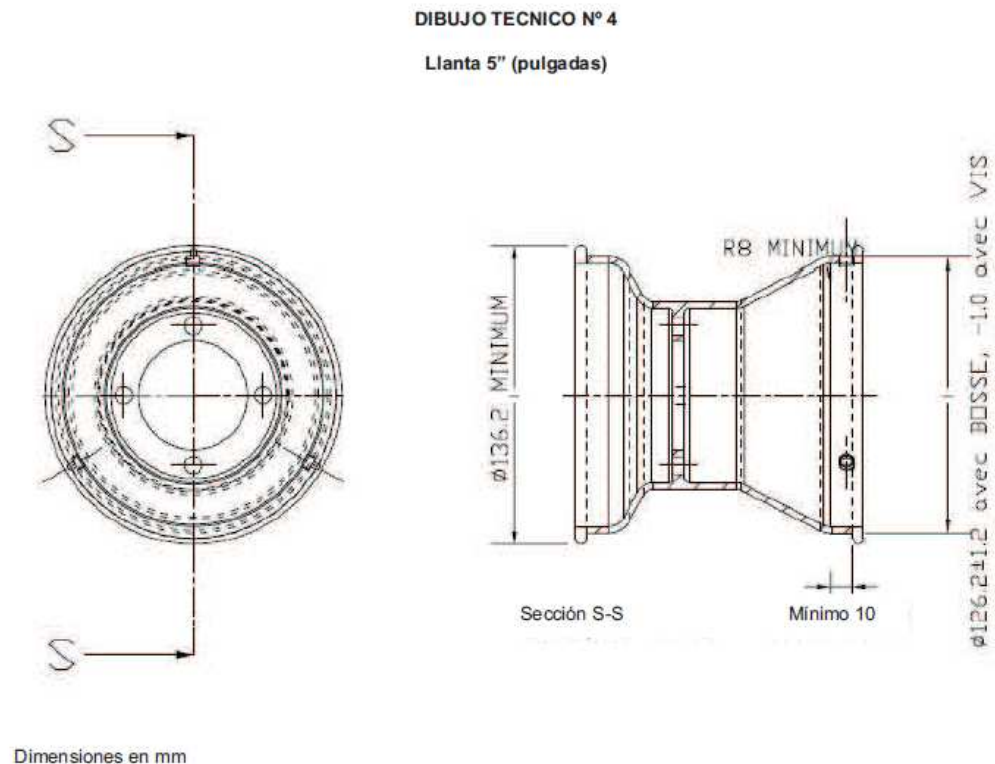
ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

LLANTAS

El diámetro de la llanta debe ser como máximo de 5". Todas las categorías.

La utilización de llantas según el Reglamento CIK es obligatorio (Dibujo Técnico N° 4).

No está permitida la utilización de separadores o inserciones entre el neumático y el borde de apoyo de la llanta.



NEUMÁTICOS

Si en uno de estos homologados se efectúan recortes, separaciones o adiciones de diferentes huellas en los neumáticos, no serán considerados ya homologados.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Los neumáticos de tipo radial y asimétricos están prohibidos en todas las categorías.

Neumáticos de 5"

El diámetro máximo exterior del neumático delantero será de 280 mm. y el trasero de 300 mm.

Para todos los neumáticos, el ancho máximo de una rueda trasera completa y montada (llanta y neumático) es de 215 mm. y el de la delantera, 135 mm., excepto indicación contraria en los reglamentos técnicos específicos.

Estas dimensiones son máximos absolutos que deben poder ser controlados en todo momento de la competición.

Neumáticos de 6"

Los neumáticos de los kart del grupo 2, deben estar homologados.

Sólo los neumáticos homologados marcados CIK/SK-ICE son autorizados para esta categoría.

La anchura máxima de la llanta es 250 mm, y el máximo diámetro exterior es 350 mm.

8.16 Retenedores de neumático

Sobre las ruedas delanteras y traseras es obligatorio el montaje de algún sistema de retención formado por un mínimo de 3 fijaciones situadas en la parte exterior de la llanta. Salvo indicación contraria en los reglamentos específicos de la categoría.

8.17 Motor

El motor debe ser del tipo 2 tiempos sin compresor exterior, o cualquier sistema de sobrealimentación.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Los motores deber estar homologados y ser objeto de una ficha descriptiva llamada ficha de homologación.

Todo sistema de inyección está prohibido. La pulverización de productos distintos del carburante está prohibida.

El motor no deberá tener compresor ni sistema alguno de sobre alimentación.

8.18 Silencioso de aspiración

Es obligatorio un silencioso de aspiración homologado y aprobado por la CIK-FIA en todas las categorías. Será de aplicación la tabla de silenciosos de aspiración homologados por la CIK para cada categoría específica.

8.19 Escape

El escape debe efectuarse detrás del piloto y no producirse a una altura superior a 45 cm. en relación al suelo.

La salida del silencioso de escape cuyo diámetro externo deberá ser superior a 3 cm., y no debe exceder de los límites establecidos en los Art. 2.7.1 y 2.7.4.

Está prohibido hacer pasar el escape de la forma que sea por la parte delantera o por el plano donde se inscribe el piloto sentado en su posición normal de conducción.

Para todas las categorías, el escape debe ser de acero magnético.

8.20 Puesta en marcha y embrague

El sistema de puesta en marcha es libre, y el embrague será de sistema en seco”.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

Para los motores provistos de embrague centrífugo es obligatorio un sistema que permita el paro del motor, con un interruptor de fácil acceso desde el puesto de conducción.

8.21 Depósito de combustible

Debe estar sólidamente fijado al chasis, sin que la sujeción tenga un carácter provisional, y concebido de tal manera que, sea por sí mismo o por tuberías de conexión (las cuales deben ser de material blando), no presente ningún riesgo de fuga durante la prueba, y no debe de ninguna manera constituir una parte de la carrocería.

Sólo debe alimentar al motor bajo la presión atmosférica normal.

Su capacidad será de 8 litros mínima.

Es obligatorio situarlos entre los tubos principales y el marco por delante del asiento o por detrás del eje de rotación de las ruedas delanteras.

En todas las categorías será obligatorio instalar un “Kit de depósito de combustible” (montaje rápido), salvo indicación contraria en el reglamento específico de la categoría.

8.22 Aceites

Sólo se podrán utilizar aceites/lubricantes aprobados por la CIK/FIA.

8.23 Batería

Sólo están autorizadas las baterías secas o de gel para el arranque exclusivamente, para alimentar la luz trasera roja, el encendido y la bomba de agua. Debe estar situada dentro del perímetro del chasis cuadro y sujeta a la bandeja inferior.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

9. APLICACIÓN NORMATIVA UNE 93021-1:2006

9.1 Medidas y peso

En la figura se muestra un esquema del kart, a modo de ejemplo. Las medidas y pesos máximos deben corresponder a las de la tabla 1, pero el diseño del vehículo es potestad del fabricante.

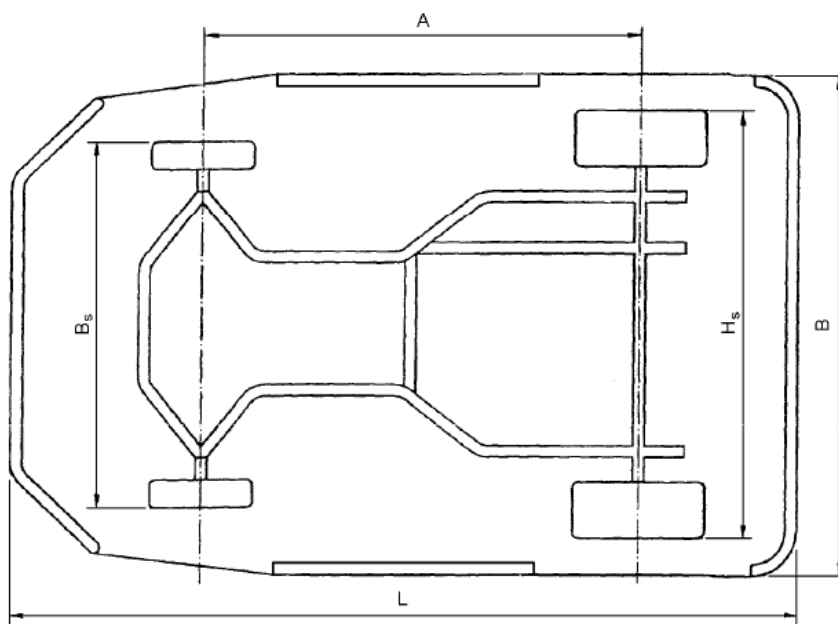


Tabla 1
Medidas y peso del kart

Longitud total, L	Anchura total, B	Distancia entre ejes, A	Peso, G
m	m	m	kg
Máx.	Máx.	Máx.	Máx.
2,2	1,5	1,4	150

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

9.2 Elementos integrantes

1. **Bastidor:** El bastidor debe estar de acuerdo con el apartado 3.1 y la tabla 1, y debe estar constituido de piezas sueltas soldadas correctamente. Su estructura debe ser tubular. Sólo se deben utilizar perfiles cerrados. El diámetro exterior del tubo debe ser igual o mayor de 25 mm y el espesor del mismo debe ser como mínimo de 2 mm y como máximo de 4 mm. Los soportes del resto de elementos del kart, que vayan soldados al bastidor, no deben tener aristas cortantes. Todas las soldaduras deben estar lisas.
2. **Piezas montadas:** Todas las piezas montadas sobre el bastidor deben estar correctamente fijadas para que no puedan soltarse por sí solas con el uso habitual. Las piezas no deben poder desmontarse por el usuario sentado en posición de uso del vehículo. Ninguna de estas piezas debe tener aristas cortantes.
3. **Protección:** El kart debe tener una protección continua todo alrededor o parcial. La protección debe medir como mínimo 150 mm de altura desde el suelo y la distancia del canto más bajo al suelo no debe sobrepasar 50 mm. Las protecciones deben estar montadas de forma que absorban la energía en caso de impacto. Debe existir un elemento de amortiguación entre el chasis y la protección, por ejemplo, goma, caucho, etc.
4. **Suelo:** Entre el asiento y el frontal del kart debe estar sujeto al bastidor un suelo de material rígido. Las posibles aberturas que presente este suelo no deben superar los 25 mm. Los lados de este suelo deben estar enmarcados por el bastidor, por un tubo o un canto suave, para evitar aristas cortantes o filos que puedan causar lesiones.
5. **Sistema de dirección:** El volante del kart debe ser circular o con algún plano en su circunferencia. Excepcionalmente, en el caso de karts adaptados para personas con discapacidad, la forma del mando de dirección puede variar, adecuándose a las necesidades de usuario. El

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

volante debe estar cubierto en todo su perímetro de un material antideslizante. El volante no debe presentar aberturas que puedan causar lesiones. Las medidas del volante deben ser:

- Diámetro exterior del volante: mínimo 250 mm, máximo 320 mm.
- Diámetro del asidero del volante: mínimo 25 mm, máximo 38 mm.

Los salientes en el sistema de dirección no deben medir más de 8 mm. En todo caso, deben acolchase las zonas con las que puedan impactar las piernas del usuario. Todas las piezas del sistema de dirección deben tener tuercas autoblocantes. La distancia libre entre el volante y el resto de las piezas que no pertenezcan al sistema de dirección debe ser, como mínimo, de 50 mm. El diámetro de la varilla de dirección, si es de acero, debe ser como mínimo de 8 mm, y si es de material plástico debe ser, como mínimo, de 16 mm. La dirección debe tener tope.

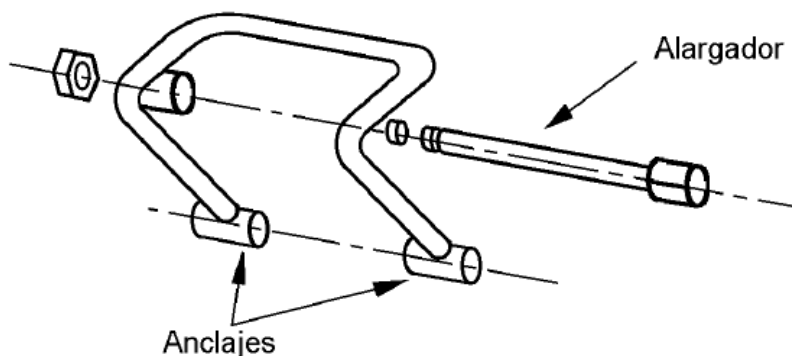
6. Sistema de freno: Los karts deben disponer de freno, admitiéndose cualquier sistema de freno siempre que se cumplan las siguientes características:

- Los frenos mecánicos deben tener doble cable.
- Los frenos hidráulicos deben ser de doble circuito independiente y doble varilla.
- Los discos de freno deben estar protegidos para que, en caso de salida de pista del kart, se eviten roces que puedan dañar los mismos.
- Los cables de freno o el circuito hidráulico deben estar protegidos para que no puedan estar en contacto con el suelo
- Los frenos se deben montar de forma que no pueden soltarse por si solos (por vibración de los karts, etc.), y deben fijarse sólidamente.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

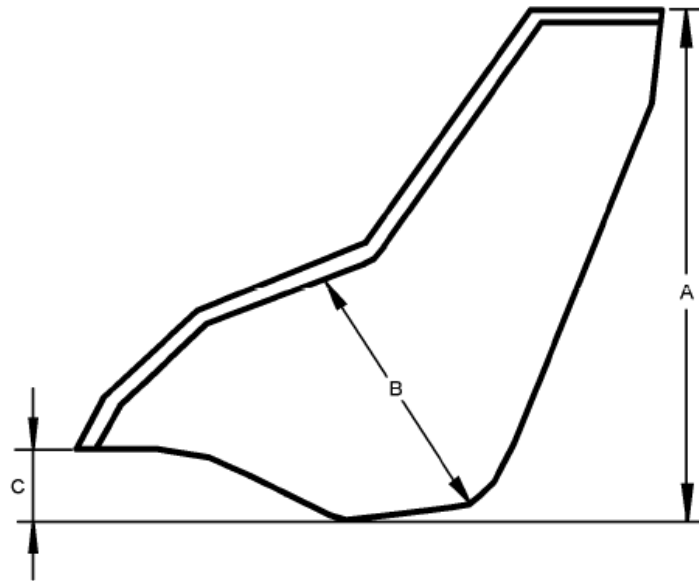
El sistema de freno se debe someter al ensayo definido en el apartado 5.2 y cumplir los límites específicos.

- 7. Pedales:** El kart debe tener un pedal de acelerador en el lado derecho (en el sentido de la marcha) y un pedal de freno a la izquierda de éste. Estos no deben sobrepasar en su recorrido la parte rígida del kart. Los pedales deben tener un sistema de recuperación de su posición inicial, por ejemplo, mediante muelles. Los pedales deben ser macizos, y no deben tener forma de “L”. En el caso de llevar suplementos, éstos deben ser rígidos y deben ir fijados mediante una tuerca o un pasador, no pudiéndose desmontar sin el uso de herramientas.



- 8. Asiento:** El asiento debe suministrar soporte lateral suficiente y evitar el deslizamiento hacia delante del conductor. El asiento debe estar reforzado en sus puntos de anclaje. El respaldo debe tener un mínimo de 400 mm de altura, medidos desde el punto más bajo del asiento. El punto más bajo del asiento no debe sobrepasar el borde inferior del bastidor.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES



9.

Altura del respaldo (A) mínimo 400 mm

Zona lateral más ancha (B) mínimo 160 mm

Distancia entre base y extremo delantero © mínimo 40 mm

10. Ruedas: Compuestas de una llanta, cámara y neumático. También pueden montarse sin cámara. La llanta puede ser monobloc o de 2 semillantas.

Tabla 2
Medidas de las ruedas

Diámetro (mm)		Anchura (mm)	
delanteras	traseras	delanteras	traseras
máx.	máx.	máx.	máx.
280	300	135	215

Otras características:

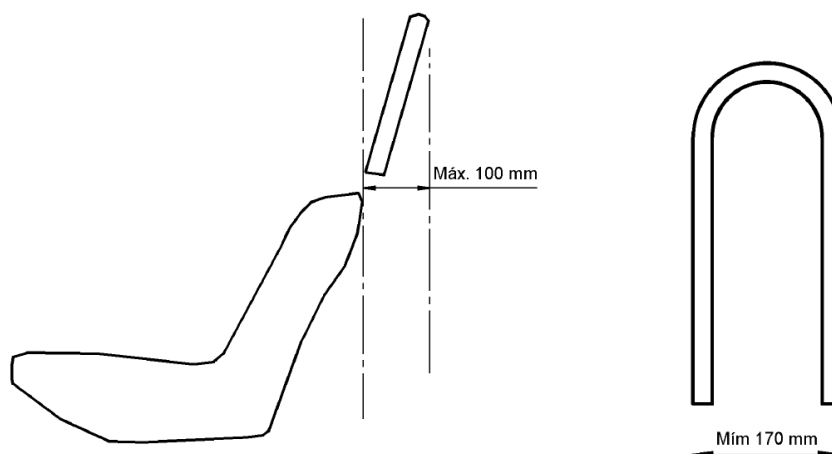
- Presión: 4 bar.
- Dureza: de shore A 44 a shore A 72.

11. Mangueta de dirección: Los ejes de las manguetas deben ser de acero y deben tener un diámetro mínimo de 17 mm.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

9.3 Elementos de seguridad

1. **Protector de cabeza y arco de seguridad:** El kart debe tener un protector de cabeza y un arco de seguridad. Ambos elementos pueden integrarse en uno. El protector de cabeza debe estar acolchado y montado de tal manera que en caso de choque sea el primer punto de apoyo. Debe estar inclinado respecto a la vertical un máximo de 100 mm. El arco de seguridad debe ser un tubo de acero con un espesor de pared mínimo de 2 mm y con un diámetro exterior de 25 mm. La distancia mínima entre las partes rectas de la barra debe ser de 170 mm. La altura mínima medida desde el suelo hasta la parte más alta del arco de seguridad debe ser como mínimo de 770 mm.



2. **Protección de piezas móviles:** Las piezas móviles a las que el conductor pudiera tener un acceso durante la conducción que se encuentren cerca del bastidor, como son los discos de freno, las coronas, las cadenas, las correas, los ejes, etc., excepto las ruedas deben estar totalmente cubiertas de forma que se impida la posibilidad de que al conductor se le ocasione algún daño generado por alguna parte accesible. Las protecciones no deben

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

poder desmontarse sin el uso de herramientas cuando sean accesibles desde la posición de conducción del kart.

3. **Protección de superficies calientes:** Todas las piezas calientes del kart que se puedan tocar y que tengan una temperatura superficial de más de 58°C, deben estar protegidas, de forma que el usuario del kart no pueda quemarse durante la conducción.
4. **Cinturón de seguridad:** Cuando exista, el cinturón debe ser de anclaje de 3 puntos o tipo tirante y debe estar homologado. Los anclajes inferiores del cinturón deben estar montados sólidamente en el bastidor y los superiores en el arco de seguridad.
5. **Depósito de combustible:** La capacidad del depósito no debe superar los 10 l. El depósito debe estar integrado en la zona cubierta por las protecciones, sin sobresalir del kart. Debe ser estanco, y debe superar el ensayo definido a continuación: “Se llena el depósito hasta su nivel máximo. Se mantiene volcado durante un minuto. Pasado este tiempo no debe producirse ninguna fuga superior a 3g/min.”
6. **Tubo de combustible:** Debe estar hecho de un material flexible de larga duración. Debe estar convenientemente sujeto para evitar que se suelte y debe estar guiado evitando zonas de posibles roces. No debe montarse por debajo del bastidor ni estar en contacto con partes a altas temperaturas.
7. **Sistema de limitación de velocidad:** El kart debe disponer de un sistema que permita limitar su velocidad máxima para adecuarla al circuito en el que se va a utilizar.
8. **Paro de emergencia:** Es recomendable la instalación de un pulsador de paro de emergencia del motor, en una zona no accesible para el conductor pero de fácil acceso para el monitor de la pista.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

9.4 Otros requisitos según la clase de kart

Los karts se clasifican dentro de diferentes categorías que dependen de la transmisión, de la potencia, el lugar de circulación, la edad de conducción y el límite de velocidad. Las clases de karts son las siguientes:

- Clase A
- Clase B
- Clase infantil
- Kart biplaza
- Kart junior

En este proyecto el tipo de kart que estamos analizando entra dentro de la clase B, la cual se describe a continuación:

CLASE B

- Transmisión directa o por embrague centrífugo. No debe existir caja de cambios manual aunque se permite el uso de un variador.
- Potencia: hasta 15 CV.
- Circulación: Los karts de clase B deben circular por pistas de categoría A y B.
- Edad para conducción: de 12 años en adelante.
- Límite de velocidad: 80 km/h.

10. CONCLUSIÓN

El objeto de este proyecto es la descripción, modelado y análisis de los componentes más importantes de un kart, lo cual se ha llevado a cabo satisfactoriamente. Los elementos más importantes de un kart son: la dirección, el chasis, los neumáticos, el motor, y la cadena de transmisión.

Analizando la dirección gracias al programa Solidworks, se ha deducido el error cometido para cada ángulo de giro de las ruedas con respecto al ángulo teórico, y se ha podido seleccionar la configuración más adecuada y segura, que consiste en minimizar al máximo el error cometido para altas velocidades y giros pequeños.

En el cálculo de los frenos demuestra que el kart cumple la normativa al tener una deceleración mayor de $4,4\text{m/s}^2$, y detenerse en una distancia menor de 17,91m con una velocidad inicial de 40km/h. Concretamente la deceleración es $5,3\text{ m/s}^2$ y la distancia a la que se detiene por completo 11.62m.

Como se ha comentado en el apartado 5.3 el kart carece de suspensión, ya que está prohibida por normativa, por ello se ha calculado la frecuencia de oscilación que aportan los neumáticos al kart. El resultado obtenido es una frecuencia de 29,05 hercios, muy superior a la frecuencia normal que poseen los automóviles estándar ($<1\text{ Hz}$). Esto quiere decir que la suspensión que aportan los neumáticos es casi inapreciable.

También se han calculado las prestaciones del kart. Gracias a las curvas de potencia y par máximo se ha conseguido conocer datos como: la velocidad máxima que puede alcanzar el kart es de 73,5 km/h, la pendiente máxima superable por el kart es del 36%, la aceleración máxima es de $3,5\text{ m/s}^2$, el tiempo que tarda en alcanzar la velocidad máxima es de 7,18 segundos, y la distancia recorrida para alcanzarla es de 69 metros.

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

El modelado del kart en tres dimensiones en el programa Solidworks también ha permitido estudiar los análisis de resistencia y rigidez del chasis. Se ha elegido un coeficiente de seguridad de 1,5, y se han realizado 4 estudios diferentes. En todos los casos el chasis tiene la suficiente rigidez y resistencia necesaria para aguantar todos los esfuerzos que pueden estar presentes en una carrera.

Por último se ha incluido un resumen de la normativa, comprobando que el kart cumple con todos los requisitos para estar homologado.

11. BIBLIOGRAFIA

www.rfeda.es

www.fada.es

www.cikfia.com

www.fia.com

<http://kartingmotor.galeon.com>

<http://www.circuitolatorre.net/inicio-menus/localizacion.html>

<http://www.kartingindoorzaragoza.com/vista/index.php?modulo=karting>

<http://www.yumping.com/karting/zaragoza>

<http://www.kartbuilding.net>

<http://www.nagerkartshop.com/>

<http://www.circuitodetorremocha.es/tienda/catalog/>

<http://www.kartja.com/tiendas-kart-y-piezas-kart.html>

<http://www.kartodromoaragon.com/index.htm>

http://www.habitamos.com/post/2889321/vendo_chasis_de_kart

<http://ciudadmurcia.olx.es/chasis-de-karts-iid-75247675>

http://otros.casinuevo.net/_madrid_100615194512

[http://www.mundoanuncio.com/anuncio/kart_yamaha_cc_perfecto_estad
o_1213905171.html](http://www.mundoanuncio.com/anuncio/kart_yamaha_cc_perfecto_estado_1213905171.html)

[http://www.habitamos.com/post/6688244/kart_rotax_100_cm3_26_cv_all
kart](http://www.habitamos.com/post/6688244/kart_rotax_100_cm3_26_cv_all_kart)

ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES

“Cálculo de la cadena de transmisión y de las prestaciones del automóvil” Autor: Santiago Baselga

“El sistema de dirección en vehículos de carretera” Autor: Santiago Baselga